

# **UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera



## **TESIS DOCTORAL**

Condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes  
masivas

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Belén Tercero Martínez**

Director

**José Cernicharo Quintanilla**

**Madrid, 2012**

# Condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas

---

Departamento de Astrofísica Molecular  
Centro de Astrobiología  
CSIC-INTA

Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera  
Facultad de CC. Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

**Belén Tercero Martínez**



# Condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas

Memoria para acceder al grado de Doctor realizada por:

**Belén Tercero Martínez**

**Director:**

**Prof. José Cernicharo Quintanilla**

Departamento de Astrofísica Molecular  
Centro de Astrobiología  
CSIC-INTA

Tutora: **Prof. Elisa de Castro**  
Departamento de Astrofísica y CC. de la Atmósfera  
Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

Marzo 2012





# Prefacio

Las estrellas masivas nacen en los núcleos de las nubes moleculares y alcanzan la edad adulta embebidas en estas regiones. Este hecho supone un problema para la observación directa de la formación de estos objetos ya que densas regiones de gas y polvo los oscurecen. Por otro lado, los violentos fenómenos asociados a este proceso (vientos, flujos bipolares, discos de acreción y radiación estelar) transforman las propiedades físicas y químicas del gas que rodea a las estrellas masivas recién nacidas. El interés a la hora de investigar este gas surge debido, principalmente, a que supone la única prueba observacional que tenemos del nacimiento de las estrellas masivas y, además, la química que observamos en él es el producto de unas condiciones extremas que no pueden ser reproducidas en los laboratorios terrestres. De esta manera, estudiar las condiciones físicas y químicas del gas en estas regiones supone aportar información y nuevos resultados tanto para el conocimiento del proceso de formación de estrellas masivas como para la química del medio interestelar. En esta tesis se aborda el estudio del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas en la región de Orión KL (la región más cercana al Sistema Solar donde se da el fenómeno de formación de estrellas masivas) a través de un barrido espectral en el rango de longitudes de onda de 1.3, 2 y 3 mm (rango donde el espectro molecular del gas que analizamos es más intenso). Esta investigación nos ha llevado a disponer de más de 15 000 líneas espectrales que reflejan la emisión de 44 especies moleculares distintas en la región (189 isotopólogos y estados vibracionales diferentes), además de posibles especies que aún están por detectar; la resolución espectral de la que disponemos es suficiente como para distinguir distintas componentes en los perfiles de las líneas, permitiéndonos realizar diferenciaciones físicas y químicas de dichas componentes presentes en la región. La sensibilidad de nuestros datos y el amplio rango de frecuencias estudiado han suscitado el interés de grupos de espectroscopía que han colaborado con nosotros con el fin de detectar nuevas especies en el espacio. Esta tesis es una prueba del beneficio que se obtiene al trabajar en un ámbito interdisciplinario.

Esta tesis se divide en cuatro partes fundamentales:

La *Parte I* de la tesis consistirá en una introducción donde trataremos de resumir los conceptos básicos de la teoría que subyace en el trabajo aquí presentado. En primer lugar, se explica la formación de estrellas, proceso que tiene lugar en Orión KL y por el que esta fuente nos resulta interesante. Como veremos, se hablará de las teorías más aceptadas para la formación de estrellas poco masivas, de masa intermedia y masivas. El siguiente tema en el que profundizar será la química del medio interestelar, tratando de explicar las distintas fases de la materia interestelar y centrándonos en los procesos químicos que tienen lugar en las nubes moleculares (donde se da la formación estelar y, a la vez, son el objeto de nuestro estudio). En tercer lugar, será introducida la parte teórica de la interpretación de las observaciones, que nos permite calcular las propiedades físico-químicas de nuestra fuente; recordaremos los procesos y las ecuaciones de transporte de radiación y explicaré la aproximación Large Velocity Gradient (LVG) como base de los modelos que hemos desarrollado para obtener parámetros fiables. Finalmente, nos centraremos en la fuente a la que hemos dirigido nuestras observaciones: la región de Orión KL. Detallaremos brevemente la estructura de la misma y analizaremos qué procesos físicos relativos a la formación de estrellas masivas se dan en la región, además de resumir los barridos espectrales previos a nuestro trabajo en esta fuente.

En la *Parte II* mostraremos la investigación que ha sido la base de todo el trabajo aquí presentado: el barrido espectral de Orión KL con el radiotelescopio de 30 m de IRAM (Instituto de Radio Astronomía Milimétrica). Nos centraremos en las motivaciones que nos llevaron a la realización de este barrido espectral y detallaremos el trabajo que ha supuesto su análisis. A pesar de la gran cantidad de resultados que mostramos, hoy en día el grupo de J. Cernicharo sigue analizando este

barrido. El hecho de que varios investigadores puedan trabajar fácilmente con el barrido espectral es gracias a un meticuloso tratamiento de los datos que explicaremos a lo largo de esta tesis. Además del propio barrido con el telescopio de IRAM, en esta parte introducimos el barrido espectral de Orión KL realizado con el instrumento HIFI (Instrumento Heterodino para el Infrarrojo Lejano) a bordo del telescopio espacial Herschel. Con ello queremos mostrar, por un lado, el estado más actual de la investigación de los barridos espectrales y, por otro, la ventaja de que disponemos a la hora de abordar este nuevo estudio tras el análisis de nuestro barrido previo. Finalmente, queremos llamar la atención sobre cómo un barrido complementa al otro, obteniendo resultados muy precisos al analizarlos de manera simultánea.

La *Parte III* mostrará el trabajo realizado en colaboración con grupos de espectroscopía. En los numerosos barridos espectrales realizados hasta la fecha en muy diversas fuentes y con distintos telescopios se han observado gran cantidad de líneas que aún no han sido identificadas. En particular, en los estudios realizados sobre nubes moleculares calientes, como Orión KL o Sagitario B2, se ha llegado a observar un número de líneas sin identificar de más del 50 %. Muchas de estas líneas sin identificar se espera que sean debidas a los isotopólogos y los estados vibracionales de las moléculas más abundantes en cada región (entre ellas moléculas orgánicas saturadas como  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  ó  $\text{HCOOCH}_3$ ). Sin embargo, para muchas de las sustituciones isotópicas de estas moléculas y para los estados excitados se desconocen las constantes moleculares con suficiente precisión, y por tanto, las frecuencias de sus transiciones, por lo que resulta imposible realizar la identificación de estas especies en un espectro. Es en este ámbito donde comenzó una fructífera colaboración con grupos de espectroscopistas: por un lado, los experimentos y estudios en el laboratorio proporcionan con gran precisión la frecuencia de un gran número de transiciones de especies que se espera sean detectadas en el medio interestelar (por medio de la determinación de las constantes moleculares), por otro, gracias a la excelente predicción del espectro rotacional y a la sensibilidad de nuestro barrido espectral de Orión KL, estas especies son detectadas en el espacio por primera vez. Aquí se mostrarán los resultados obtenidos para el estudio de los isotopólogos de dos de las moléculas más abundantes en Orión KL: Cianuro de etilo ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ) y formiato de metilo ( $\text{HCOOCH}_3$ ).

La última parte de la tesis (*Parte IV*) la dedicaremos a dar una visión global de todo el trabajo realizado. En primer lugar, mostraremos los resultados actualizados del barrido espectral: moléculas detectadas, número de líneas sin identificar, una aproximación del número de características espectrales que aún no han sido analizadas, especies que, teniendo la certeza de que presentan líneas de emisión en nuestros datos, aún están por detectar y otros resultados generales. Además, resumiremos las aportaciones al conocimiento de las condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas que este estudio nos ha proporcionado. El capítulo final lo dedicaremos a plasmar las conclusiones que derivamos de nuestro trabajo. En este mismo capítulo y, para finalizar, haremos un análisis del trabajo que aún queda por realizar y de la importancia del estudio de nuestro barrido espectral a la hora de afrontar la nueva era de la Astrofísica Molecular, que está justo comenzando en estos momentos con los primeros datos de la nueva generación de telescopios (ALMA, Herschel y SOFIA).

La tesis se presenta en formato publicaciones (dos en la *Parte II* y cinco en la *Parte III*). Hemos optado por este formato debido a que pensamos que estos artículos son la mejor prueba del trabajo realizado. A pesar de que las explicaciones más rigurosas de la investigación están contenidas en los artículos publicados, esta tesis ha sido escrita de manera que el lector pueda entender tanto los propósitos como los resultados de nuestros estudios sin necesidad de la lectura de las publicaciones. Sin embargo, el análisis estricto de todo nuestro estudio está contenido en ellos y es allí donde se encuentra la magnitud de todo el trabajo realizado.

# Agradecimientos

Es mucho lo que tengo que agradecer y, sinceramente, siento pudor por la mucha paciencia que se ha tenido conmigo. Han pasado casi cuatro años desde el momento en que se terminó aquella beca predoctoral, límite mental que todos los que estábamos involucrados en la realización de este trabajo (tanto a nivel profesional como familiar) nos habíamos marcado para la presentación del mismo. Esta demora ha hecho que esta tesis haya trascendido a todos los ámbitos de mi vida, teniendo, como digo, mucho que agradecer.

Fue Pepe Cernicharo quien me dio la oportunidad de hacer este trabajo, confió en mí y me prestó toda la ayuda que necesitaba. Él ha dirigido esta tesis y mi trabajo durante ocho “cortos” años, mostrándose siempre muy comprensivo y dispuesto. Además del buen trato personal que siempre me ha mostrado, le agradezco especialmente la calidad de este trabajo.

Quiero destacar también la facilidad que siempre he tenido para trabajar en lo que antes llamábamos DAMIR y lo que ahora es el Dpto. de Astrofísica Molecular del CAB, gracias a las personas que han integrado estos departamentos. Quiero señalar el buen hacer de Alicia Fernández Clavero y la inestimable ayuda de mis colaboradores y compañeros Juan Ramón Pardo, Javier R. Goicoechea, Núria Marcelino y Lucie Vincent.

Mi agradecimiento a Asunción Fuente del Observatorio Astronómico Nacional y a M<sup>a</sup> José Fernández Figueroa de la Universidad Complutense de Madrid por aceptar gustosas la corrección de la primera versión del manuscrito.

En el Dpto. de Astrofísica y CC. de la Atmósfera de la Facultad de CC. Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, siempre he encontrado un trato afectuoso y una excelente disposición. Mi especial agradecimiento de nuevo para la Prof. María José Fernández Figueroa y a mi tutora, la Prof. Elisa de Castro Rubio.

Y agradezco de corazón el apoyo de toda mi familia:

A mi madre y mi tía Carmen por sus ansias, por darle tanta importancia a este trabajo y por esa velada presión.

A mi hermano, mi prima Marta, Pepe y mi tía Pili por quitarme presión.

A mi padre por no saber lo que es la presión.

A Marisol y Antonio J. por tratarme como a una hija.

A Rosa por estar siempre ahí.

Ahora también a La Parada de los Monstruos, que tanto nos ha enseñado.

Para finalizar, y sabiendo que los últimos serán (y son) los primeros, gracias infinitas a Antonio por absolutamente todo.



# Índice de Materias

Prefacio . . . . .	1
Agradecimientos . . . . .	1
Índice de Materias . . . . .	3
Acrónimos . . . . .	5
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>1 Formación de Estrellas</b>	<b>9</b>
1.1 Nubes Moleculares . . . . .	9
1.2 Fragmentación y núcleos densos . . . . .	11
1.3 Formación de estrellas poco masivas . . . . .	13
1.4 Formación de estrellas masivas . . . . .	17
1.4.1 Mecanismos inductores de la formación estelar . . . . .	19
1.5 Función Inicial de Masas . . . . .	20
<b>2 Química del Medio Interestelar</b>	<b>23</b>
2.1 Fases del Medio Interestelar . . . . .	23
2.2 Moléculas en el espacio . . . . .	25
2.3 Química en el ISM . . . . .	26
<b>3 Interpretación de las observaciones</b>	<b>31</b>
3.1 La ecuación de transporte radiativo . . . . .	31
3.2 Sistema de dos niveles fuera del ETL . . . . .	35
3.2.1 Relaciones generales . . . . .	35
3.2.2 Equilibrio radiativo . . . . .	36
3.2.3 La aproximación LVG . . . . .	37
<b>4 La región de Orión</b>	<b>41</b>
4.1 Introducción . . . . .	41
4.2 Las estrellas en el complejo de Orión . . . . .	43
4.3 Estructura global de la nube . . . . .	46
4.4 El núcleo OMC-1. La Nebulosa KL . . . . .	48
<b>5 Barridos espectrales sobre Orión KL publicados</b>	<b>55</b>
5.1 Barridos sobre Orión KL . . . . .	55
5.2 Nuestra aportación a este marco . . . . .	65
5.3 Resultados generales; mejoras para el futuro . . . . .	65
<b>II. BARRIDO ESPECTRAL SOBRE ORIÓN KL</b>	<b>67</b>
<b>6 Barrido espectral sobre Orión KL con el radiotelescopio de 30 m de IRAM</b>	<b>69</b>
6.1 Motivaciones . . . . .	69
6.2 Observaciones, reducción de datos y primeros resultados . . . . .	70
6.3 Análisis de dos familias de moléculas . . . . .	72
6.3.1 Barrido espectral sobre Orión KL (I): moléculas que contienen el grupo −CS . . . . .	73

6.3.2	Barrido espectral sobre Orión KL (II): moléculas que contienen Si . . . .	78
<b>7</b>	<b>Barrido espectral sobre Orión KL con el telescopio espacial Herschel</b>	<b>83</b>
7.1	Introducción . . . . .	83
7.2	Observaciones . . . . .	84
7.3	Primera aproximación a los datos de Herschel . . . . .	84
7.4	Resultados - CS en las frecuencias de HIFI . . . . .	84
7.5	Parámetros físicos y densidades de columna . . . . .	96
<b>III.</b>	<b>COLABORACIONES EN EL CAMPO DE LA ESPECTROSCOPÍA</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>Cianuro de etilo: <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}</math></b>	<b>101</b>
8.1	Motivaciones . . . . .	101
8.2	Aproximación histórica . . . . .	102
8.3	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ en Orión KL . . . . .	103
8.4	Isotopólogos de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . . . . .	112
8.4.1	Resultados más importantes y valoración final . . . . .	117
<b>9</b>	<b>Formiato de metilo: <math>\text{HCOOCH}_3</math></b>	<b>119</b>
9.1	Motivaciones . . . . .	119
9.2	Aproximación histórica . . . . .	120
9.3	$\text{HCOOCH}_3$ en Orión KL . . . . .	120
9.4	Isotopólogos de $\text{HCOOCH}_3$ . . . . .	132
9.4.1	Resultados más importantes y valoración final . . . . .	156
<b>10</b>	<b>Formamida: <math>\text{NH}_2\text{CHO}</math></b>	<b>159</b>
10.1	Motivaciones . . . . .	159
10.2	Aproximación histórica . . . . .	159
10.3	$\text{NH}_2\text{CHO}$ $\nu_{12} = 1$ en Orión KL . . . . .	160
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS GLOBALES, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS</b>	<b>167</b>
<b>11</b>	<b>Resultados globales</b>	<b>169</b>
11.1	Características espectrales e identificaciones . . . . .	169
11.2	Especies detectadas, no detectadas y esperadas . . . . .	216
11.3	Condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas . . .	218
<b>12</b>	<b>Conclusiones y perspectivas</b>	<b>221</b>
<b>A</b>	<b>El diagrama Hertzsprung-Russel (H-R)</b>	<b>223</b>
A.1	Evolución de una protoestrella hacia la secuencia principal . . . . .	223
	<b>Bibliografía</b>	<b>227</b>
	<b>Figuras y Tablas</b>	<b>241</b>
	Lista de Figuras . . . . .	241
	Lista de Tablas . . . . .	242

# Acrónimos

<b>ALMA</b>	<i>Atacama Large Millimeter Array</i>
<b>ATM</b>	<i>Atmospheric Transmission at Microwaves</i>
<b>AU</b>	<i>Astronomical Unit</i>
<b>BWOs</b>	<i>Backward-Wave Oscillators / osciladores de onda retardada</i>
<b>CARMA</b>	<i>Combined Array for Research in Millimeter-wave Astronomy</i>
<b>CDMS</b>	<i>Cologne Database for Molecular Spectroscopy</i>
<b>CDS</b>	<i>Centre de Données astronomiques de Strasbourg</i>
<b>CSO</b>	<i>Caltech Submillimeter Observatory</i>
<b>DBS</b>	<i>Dual Beam-Switch</i>
<b>ETL</b>	<i>Equilibrio Termodinámico Local</i>
<b>eVLA</b>	<i>extended Very Large Array</i>
<b>FWHM</b>	<i>Full Width at Half Maximum</i>
<b>GMC</b>	<i>Giant Molecular Cloud</i>
<b>HEXOS</b>	<i>Herschel observations of EXtra-Ordinary Sources</i>
<b>HIFI</b>	<i>Heterodyne Instrument for the Far-Infrared</i>
<b>HST</b>	<i>Hubble Space Telescope</i>
<b>HPBW</b>	<i>Half Power Beam Width</i>
<b>IR</b>	<i>Infrarrojo, InfraRed</i>
<b>IRAM</b>	<i>Instituto de RadioAstronomía Milimétrica</i>
<b>IRAS</b>	<i>InfraRed Astronomical Satellite</i>
<b>ISM</b>	<i>InterStellar Medium</i>
<b>ISO</b>	<i>Infrared Space Observatory</i>
<b>KL</b>	<i>Kleinmann-Low</i>
<b>LSR</b>	<i>Local System Rest / Sistema Local de Reposo</i>
<b>LTE</b>	<i>Local Thermodynamic Equilibrium</i>
<b>LVG</b>	<i>Large Velocity Gradient</i>
<b>NIST</b>	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
<b>NRAO</b>	<i>National Radio Astronomical Observatory</i>
<b>NICMOS</b>	<i>Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer</i>
<b>ONC</b>	<i>Orion Nebula Cluster</i>
<b>OVRO</b>	<i>Owens Valley Radio Observatory</i>
<b>PAH</b>	<i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbon</i>
<b>PDR</b>	<i>PhotoDissociation Region</i>
<b>SCUBA</b>	<i>Submillimetre Common-User Bolometer Array</i>
<b>SIS</b>	<i>Superconductor Insulator Superconductor</i>
<b>SMA</b>	<i>SubMillimeter Array</i>
<b>SOFIA</b>	<i>Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy</i>
<b>RAM</b>	<i>Rho Axis Method</i>
<b>UA</b>	<i>Unidad Astronómica</i>
<b>UCM</b>	<i>Universidad Complutense de Madrid</i>
<b>UV</b>	<i>UltraVioleta</i>
<b>VLA</b>	<i>Very Large Array</i>
<b>VLT</b>	<i>Very Large Telescope</i>





# I

## INTRODUCCIÓN



# Capítulo 1

## Formación de Estrellas

La formación estelar es un proceso recurrente en el universo y continuamente están naciendo nuevas estrellas (y, a la vez, otras están muriendo). De manera global, podemos hablar de que una estrella nace con la composición química de la nube en que se forma, a lo largo de su vida crea elementos más pesados en su interior por medio de las reacciones nucleares y, cuando muere, esta materia más pesada es expulsada al exterior a la vez que puede generar energía mecánica que comprima el gas circundante y favorezca la formación de otra generación de estrellas con una composición inicial de elementos más pesados procedentes de la estrella extinguida de la generación anterior. Así, este proceso se ha ido repitiendo desde la primera generación de estrellas formadas por hidrógeno, helio y trazas de litio que se generaron tras la primera recombinación del universo (cuando materia y radiación se desacoplaron, dejando escapar los primeros fotones que hoy día medimos como la radiación de fondo de microondas). Las estrellas masivas son la fuente principal de radiación UV (UltraVioleta) y del enriquecimiento químico del medio interestelar, además de ser una fuente importante de energía mecánica a través de la combinación de vientos estelares, flujos de materia, regiones HII en expansión y explosiones de supernova.

Existen multitud de pruebas observacionales que nos indican diferentes características del nacimiento de las estrellas: se forman en regiones de gas y polvo, pueden hacerlo en grupos o de manera aislada, durante el proceso de formación la estrella eyecta materia en forma de flujos bipolares, se crean discos de acreción alrededor del núcleo, el gas alrededor de la estrella en formación presenta características singulares... Sin embargo hoy en día se sigue discutiendo el análisis teórico de los procesos de formación estelar. Las observaciones actuales aún dan pie a distintas interpretaciones sobre los procesos físicos que se producen en estos eventos.

En este capítulo resumiremos los escenarios más aceptados para la formación de estrellas de poca masa, de masa intermedia y masivas.

### 1.1 Nubes Moleculares

Si una noche, fuera de la ciudad y a ser posible con luna nueva, miramos hacia la Vía Láctea podemos distinguir regiones oscuras, donde la densidad de estrellas y de luz disminuyen drásticamente. Estos “agujeros” son las regiones donde están naciendo nuevas estrellas, las llamadas *nubes oscuras* o *moleculares*. Estas nubes se encuentran principalmente a lo largo de los brazos espirales de las galaxias. La primera evidencia de la relación entre la formación de estrellas y los procesos que tienen lugar en las nubes moleculares es que las estrellas jóvenes se encuentran, en general, dentro o cerca de una nube oscura. Estas estructuras de la galaxia son los objetos más fríos del Universo (su temperatura típica ronda los 10 K) y están formadas, en su mayor parte, por moléculas de hidrógeno ( $H_2$ ). Debido a la dificultad para detectar  $H_2$  a cualquier longitud de onda, el estudio de la morfología y la cinemática de estas regiones debe hacerse a través de otras moléculas presentes en las nubes pero con abundancias mucho menores. La molécula de CO (monóxido de carbono) emite un espectro brillante a longitudes de onda milimétricas y es el mejor trazador de nubes moleculares que los astrónomos han encontrado. Además, más de cien moléculas distintas han sido detectadas en estas estructuras. Las nubes moleculares aparecen como regiones oscuras a la longitud de onda del visible debido a que contienen pequeñas cantidades de polvo (alrededor del 1% de la masa total de la nube). Estas partículas sólidas, de un tamaño típico de  $10^{-4}$  mm y compuestas en su mayoría de grafitos y

silicatos, son condensadas originalmente en las atmósferas de las estrellas gigantes rojas, para más tarde ser inyectadas al medio interestelar. El polvo absorbe la luz de las estrellas a longitudes de onda cortas (UV, visible, IR –InfraRojo– cercano) y emite radiación a largas  $\lambda$  (IR lejano). De esta manera, a nuestros ojos, las nubes moleculares son nubes oscuras. El conocimiento más profundo de estos objetos ha sido proporcionado por la observación de los mismos a frecuencias radio e infrarrojas.

Las nubes moleculares se presentan en una gran variedad de formas y tamaños. Las mayores estructuras de la galaxia son las llamadas *Nubes Moleculares Gigantes* que pueden extenderse una longitud de más de 100 pc (unos 300 años/luz) y su masa puede superar el millón de masas solares ( $10^6 M_{\odot}$ ). La forma de estas nubes es difícil de describir, pues no poseen unos contornos definidos. Su estructura es compleja, con concentraciones de mayor densidad conectadas por láminas y filamentos de gas y polvo. Esta estructura caótica se ve a todas las escalas<sup>1</sup>. Su estructura compleja es generada por una gran variedad de procesos: vientos y chorros estelares, radiación disociante e ionizante, explosiones de supernova, paso de brazos espirales, inestabilidades, fuerzas de marea, etc. Estas estructuras revelan parcialmente cómo la nube se ha formado, pero también revela su posterior evolución y el efecto de la formación estelar. En el otro lado de la balanza, se encuentran los *glóbulos de Bok*: nubes moleculares de  $\simeq 0.5$  pc y algunas  $M_{\odot}$ . Los glóbulos suelen ser compactos y muy densos. En medio de estos dos extremos, hay un amplio rango de masas y tamaños de nubes moleculares, siendo común encontrar nubes de entre 10 y 100  $M_{\odot}$  así como agregados de nubes oscuras de masas de entre cientos a miles de masas solares.

La mayoría de las estrellas jóvenes nacen en las nubes moleculares gigantes. La región de formación estelar de Orión es el complejo más cercano a la Tierra de este tipo (a unos 1500 años/luz), y ha producido varios miles de estrellas en los últimos diez millones de años ( $10^7$  años). Sin embargo, debido a que las nubes moleculares más pequeñas son también más abundantes, las estrellas jóvenes más cercanas a nosotros se encuentran en complejos de nubes moleculares como Tauro y Ofiuco, a una distancia de tan sólo 300-400 años/luz. Estas nubes forman unos cientos de estrellas cada una. También hay grupos de estrellas jóvenes (con edades de unas decenas de millones de años,  $10^7$  años) encontradas a 150 años/luz que ya han disipado la nube molecular originaria en la que se formaron.

Si es en las nubes moleculares donde la formación de estrellas tiene lugar y éstas, a su vez, tienen masas de cientos o miles de masas solares, parece inmediato pensar que estas estructuras colapsan gravitacionalmente por su propio peso, apareciendo, de este modo, formación estelar. Además, a las bajas temperaturas de estas nubes, la presión asociada a los movimientos aleatorios de las moléculas no es suficiente para “sostener” a la nube, con lo que se podría esperar un colapso rápido y eficiente. Pero la realidad nos muestra que existen otros factores, además de la propia presión, que estabilizan la estructura de la nube molecular frente al colapso gravitacional, como son la turbulencia y los campos magnéticos. Así, el proceso de formación estelar es complejo y, hay detalles que aún no comprendemos. Además, existen distintos modos de formación estelar: podemos encontrar formación en grupo de estrellas masivas, o formación estelar más o menos aislada de estrellas poco masivas y un largo número de situaciones intermedias.

---

<sup>1</sup>J. Bally y B. Reipurth en su libro *The Birth of Stars and Planets* comentan una interesante comparación de estas nubes con figuras fractales, en las cuales estructuras intrincadas se repiten a sí mismas constantemente a escalas cada vez menores (Falgarone & Phillips, 1990).

## 1.2 Fragmentación y núcleos densos

El primer estadio en el nacimiento de una estrella consiste en la formación de un núcleo denso de nube molecular ligado por su propia gravedad. A su vez, el primer nivel de la formación de un núcleo denso viene dado por la fragmentación de la nube molecular.

Antes de introducir un modelo más preciso de este proceso, veamos el escenario más sencillo e idealizado de formación estelar: Las nubes tienen campos de velocidad complejos, y en las regiones donde el campo de velocidad converge, la densidad aumenta. Dependiendo de la temperatura y densidad, estas regiones, llamadas núcleos densos, pueden ser susceptibles al colapso gravitacional. Así, tenemos un núcleo esférico donde la fuerza de la gravedad que actúa comprimiendo la nube está equilibrada con la presión del gas que se opone a la compresión. Si el núcleo se vuelve más denso, la gravedad puede ganar la partida y el núcleo comienza a colapsar bajo su propio peso. Por otro lado, si la temperatura aumenta entonces la presión del gas también aumenta y se opone al colapso. Podemos calcular, en base a principios fundamentales, la masa que tiene que poseer una nube para comenzar a colapsar. Igualando la suma de la energía potencial gravitatoria de la nube y la energía interna de las partículas que la forman a cero obtendríamos una configuración en equilibrio, que ni se expandiría ni se contraería. La masa que cumple esta condición se denomina *masa de Jeans*<sup>2</sup> y se expresa por la siguiente ecuación, cualquier nube de masa superior a ella podría colapsar.

$$M_J = \left( \frac{\pi k T}{\mu G} \right)^{3/2} \frac{1}{\rho^{1/2}} \quad (1.1)$$

Donde  $k = 1.38 \times 10^{-16}$  erg K<sup>-1</sup> es la constante de Boltzmann,  $T$  la temperatura de la región,  $\mu$  es la masa promedio de la partícula y  $\rho$  la densidad promedio de la región.

La *masa de Jeans* es directamente proporcional a la temperatura de la nube e inversamente proporcional a su densidad. Las nubes calientes con baja densidad sólo pueden formar estrellas masivas mientras que nubes frías con altas densidades poseen masas de Jeans menores y pueden formar estrellas poco masivas. Si tenemos nubes con temperaturas típicas de 100 K y densidades de  $10^{-22}$  g cm<sup>-3</sup>, la masa de Jeans es mayor que  $5 \times 10^4 M_\odot$ , es decir, una masa típica de un cúmulo globular y no de estrellas individuales. Sin embargo, a medida que el colapso progresa y la nube se vaya haciendo más densa, la masa de Jeans disminuirá y la nube que está colapsando se dividirá en partes más pequeñas, dando lugar a la fragmentación de la nube molecular. A pesar de que la *masa de Jeans* ignora muchas otras influencias que se oponen al colapso, como los campos magnéticos, tiene utilidad como indicador de cuándo ocurrirá el colapso.

Ahora veamos los dos mecanismos básicos que pueden dar lugar a la fragmentación de una nube molecular. El primero se debe a la gravedad; en una nube molecular pueden existir pequeñas fluctuaciones de la densidad que pueden ser amplificadas por la contracción gravitacional dando lugar a una estructura fragmentada creciente. El segundo mecanismo es conducido por el fenómeno de la turbulencia<sup>3</sup>: el movimiento relativo de las parcelas de gas en turbulencia es un orden de magnitud más rápido que las velocidades aleatorias de las moléculas

<sup>2</sup>Por el astrónomo británico James Jean que introdujo el concepto a principios del siglo XX.

<sup>3</sup>Podríamos describir la *turbulencia* como el batimiento continuo del gas y del polvo en patrones caóticos. A pesar de que este fenómeno es fácilmente medible, aún no se comprende completamente cómo se origina y se mantiene en el tiempo. Las posibilidades incluyen todas las fuentes de energía que encontramos en las nubes moleculares: flujos provenientes de estrellas jóvenes, campos de radiación, explosiones de supernova, vientos estelares... y el propio colapso gravitacional.

constituyentes, llegando a alcanzar velocidades próximas a la velocidad del sonido. Las colisiones de estas parcelas de gas producirán unas potentes ondas de choque que comprimirán el gas dando lugar a una jerarquía de subestructuras. Tras el paso de la onda de choque, la presión interna y los campos magnéticos actuarán en oposición llevando a esa subestructura comprimida a su estado de densidad inicial. Pero de manera ocasional, suficiente materia acumulada por la gravedad previene la reexpansión dando lugar al nacimiento de un núcleo de nube pre-estelar ligado gravitacionalmente.

Las nubes moleculares son mantenidas en contra de su propia gravedad por campos magnéticos, turbulencia y la presión térmica. A pesar de que los *campos magnéticos* son débiles, su efecto puede ser significativo. Una pequeña fracción de gas en la nube molecular está ionizada y en forma de electrones, y estas partículas se mueven a lo largo de las líneas de campo, las cuales se agrupan e inhiben la compresión del gas<sup>4</sup>. Por medio de relaciones sencillas y mediciones de la intensidad del campo magnético ( $B$ ) en las nubes moleculares, podemos cuantificar el efecto del magnetismo en su oposición a la gravedad. Se define la *masa crítica* ( $M_\Phi$ ) como aquella que puede ser sostenida tan sólo por los campos magnéticos en contra del campo gravitatorio:

$$M_\Phi = \frac{\phi}{2\pi G^{1/2}}, \quad (1.2)$$

donde  $\phi$  es el flujo magnético y  $G$  es la constante de gravitación universal. Así mismo, definimos el parámetro  $\lambda$ , que viene dado por la siguiente relación  $\lambda \equiv 2\pi G^{1/2} \Sigma / B$ , donde  $\Sigma$  es la densidad de masa superficial y  $B$  la intensidad del campo magnético. Con  $\Sigma$  próxima al valor crítico tenemos que  $\lambda \approx 1$  (Shu et al., 1999). De esta manera se definen como *supercríticos* los valores de  $\lambda > 1$ , y como *subcríticos* los de  $\lambda < 1$ . Este parámetro es relevante porque dependiendo del valor de  $\lambda$ , la evolución de la nube molecular es muy diferente.

Crutcher (1999) recopiló medidas Zeeman<sup>5</sup> fiables de la intensidad del campo magnético, dando como resultado que las nubes moleculares de la muestra tienen una densidad de masa superficial muy próxima al valor crítico. Bourke et al. (2001) señaló que las observaciones del efecto Zeeman realizadas con un único radiotelescopio<sup>6</sup> pueden dar valores significativamente menores que el valor real si el campo magnético no es uniforme. Por tanto, las observaciones de alta resolución (observaciones interferométricas) son necesarias para distinguir si nos encontramos en el caso de nubes magnéticamente críticas o subcríticas. Por medio de mapas interferométricos de polarización<sup>7</sup> de polvo con resolución espacial de un segundo de arco, se han inferido intensidades del campo magnético del orden del mG en regiones de formación de estrellas masivas (Lai et al. 2002). Para estimar  $B$  por medio de la polarización son necesarios modelos detallados de esta emisión, así las medidas Zeeman de alta resolución espacial son las que mejor nos podrán mostrar el papel del campo magnético en las nubes moleculares.

En una nube autogravitante, el soporte por la presión térmica es sólo importante a escalas menores de 0.1 pc. Además, simulaciones numéricas muestran que el tiempo de disipación

---

<sup>4</sup>A pesar de que el campo magnético es invisible, se especula con que algunas estructuras filamentosarias de las nubes oscuras son el resultado del magnetismo.

<sup>5</sup>El efecto Zeeman se describe, de manera general, como la división de una línea espectral en varias componentes en la presencia de un campo magnético.

<sup>6</sup>Lo que en inglés se denomina *single dish*, que se refiere a observaciones realizadas con un único radiotelescopio. Por contra, cuando varios radiotelescopios observan simultáneamente una fuente, hablamos de observaciones interferométricas (en esta situación la resolución angular de las observaciones es mucho mayor que las de aquellas realizadas con un único radiotelescopio).

<sup>7</sup>Hablamos de polarización cuando distinguimos distintas componentes de la onda electromagnética debido al efecto Zeeman.

típico por turbulencia es del orden del tiempo de caída libre (Stone et al., 1998; Ostriker et al., 2001). Por tanto, a menos que la turbulencia sea re-suministrada, la evolución de las nubes y núcleos es determinada por si su masa es menor o mayor que la masa crítica ( $M_\Phi$ ).

A medida que estos núcleos se comprimen y aumentan su densidad, tienden a fragmentarse en subnúcleos más pequeños y densos que interaccionan entre sí. La condensación gravitacional y la fragmentación de núcleos en una nube molecular turbulenta es un proceso altamente dinámico y caótico. A medida que la materia se acumula en ciertas regiones, más materia tiende hacia dichas posiciones debido a la fuerza de la gravedad. Los modelos muestran que en transcurso de algunos cientos de miles de años ( $10^5$  años), el colapso de núcleos densos trae consigo la formación de láminas, filamentos y cúmulos que colisionan, se unen e interactúan dando lugar al nacimiento de entre algunas a varias docenas de estrellas individuales de una gran variedad de masas. Sin embargo, antes de discutir este proceso, nos centraremos en el nacimiento de una única estrella aislada de un único núcleo denso de nube molecular.

### 1.3 Formación de estrellas poco masivas

Un núcleo denso debe seguir comprimiéndose en su camino hacia estrella. Este colapso en no uniforme y comienza en las partes más densas del centro. Los conocimientos de los primeros estadios del nacimiento de las estrellas se basan principalmente en trabajos teóricos. Hasta hace muy poco no se disponía de observaciones que dieran cuenta de los interiores más profundos de las nubes, huelga decir que las escalas de tiempo involucradas en el proceso son enormes como para ser seguidas observacionalmente. El mérito reside en que el escenario para la formación de estrellas poco masivas aisladas, propuesto hace casi 60 años, sintetiza un amplio rango de observaciones recientes: desde densos núcleos de  $\text{NH}_3$  hasta la fase T Tauri donde la estrella se revela en las longitudes de onda del visible. Las referencias que hemos seguido en este resumen y las que recomendamos al lector para la ampliación del tema son Lizano (2003), Bally & Reipurth (2006), McKee & Ostriker (2007) y Krumholz (2011), estos dos últimos para un estudio más avanzado. La Fig. 1.1 ilustra las diferentes fases del nacimiento de una estrella aislada poco masiva que se explican a lo largo de este capítulo.

Podemos hablar de cuatro estadios principales en la formación de estrellas aisladas poco masivas: 1. La evolución hacia el estado centralmente condensado de un núcleo levemente ionizado y magnetizado por medio de la difusión ambipolar. 2. El colapso dinámico del núcleo hacia una protoestrella más un disco rotante a su alrededor. 3. La expulsión de potentes flujos bipolares. 4. La disolución de la envoltura circunestelar con la consecuente revelación de una estrella en pre-secuencia principal<sup>8</sup> rodeada de un disco nebular.

Se ha estudiado el fenómeno de la *difusión ambipolar* como mecanismo de la evolución de nubes subcríticas y núcleos densos hacia el estado centralmente condensado (Nakano, 1979, 1982; Lizano & Shu, 1989; Tomisaka et al., 1990; Ciolek & Mouschovias, 1994). Las partículas neutras se difunden lentamente a través de los iones que sienten la fuerza de Lorentz<sup>9</sup> directamente y, por tanto, se encuentran ancladas al campo magnético. Así, el gas neutro pasa a través de las líneas de campo magnético y cae al centro autogravitante del núcleo de la nube debido a la pérdida del soporte del campo magnético; el perfil de densidad evoluciona hacia la ley de potencia  $\rho \propto r^{-2}$ , hasta que el núcleo de la nube alcance una “catástrofe gravo-

<sup>8</sup>En el Apéndice A se explica el diagrama H-R y a lo que se llama *secuencia principal*.

<sup>9</sup>Es la fuerza ejercida por el campo electromagnético que recibe una partícula cargada.



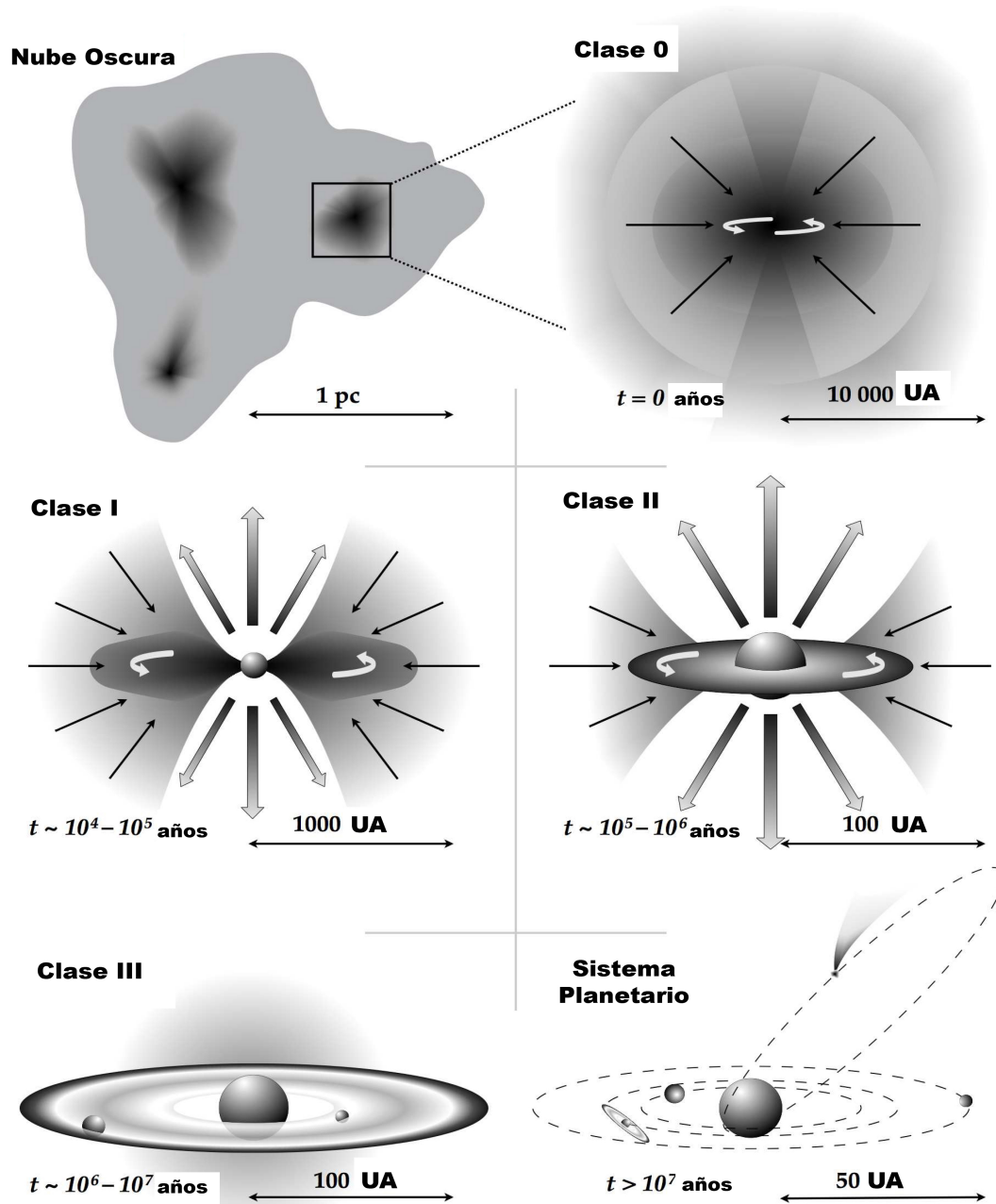


FIGURA 1.1: Ilustración de los diferentes estadios durante el proceso de formación de una estrella aislada poco masiva. Fuente: Loenen (2009). Star formation and the ISM : interactions in the Milky Way and other galaxies.

magnética” donde la densidad central intenta alcanzar valores infinitos. Este lento proceso puede retardar el colapso del núcleo en millones de años, pero en ausencia de influencias externas, la gravedad termina venciendo al soporte magnético de la nube. Los modelos de difusión ambipolar concuerdan bien con las observaciones, en términos de las escalas de tiempo: se estima que el la escala de tiempo para la fase “starless” es  $\simeq 1$  Maño ( $10^6$  años)<sup>10</sup>. Los modelos propuestos de núcleos supercríticos donde la contracción dinámica es producida por la disipación de turbulencia (Nakano, 1998) se encuentran con el problema potencial de la escala de tiempo. De todas formas, modelos que incluyan el soporte magnético y el decaimiento del soporte turbulento deben ser desarrollados.

Otro obstáculo a la formación estelar viene dado en la forma de rotación. A medida que la estructura se desarrolla en cúmulos densos, los movimientos aleatorios del gas pueden dar lugar a una lenta rotación. La cantidad de rotación puede cuantificarse por medio del momento angular  $L = mv_r R$  (donde  $m$  es la masa,  $v_r$  la velocidad de rotación y  $R$  el radio). En ausencia de torques externos, un cuerpo en rotación conservará su momento angular (la velocidad de rotación de un objeto aislado contrayéndose bajo la fuerza de su propia gravedad aumenta, por lo que el producto  $v_r R$  debe mantenerse constante). Esta es la raíz del clásico problema del momento angular en la formación estelar: el momento angular del núcleo rotante es miles de veces superior al mometo angular de una estrella, por lo que el núcleo rotante debe perder su momento angular. Hay varias maneras de que un núcleo de formación estelar pueda despojarse de su momento:

1. Fragmentarse en sistemas de estrellas binarias o múltiples cuyo momento orbital contiene la mayor parte del mometo angular del núcleo.
2. El material con mayor mometo angular del núcleo puede concentrarse en un disco giratorio alrededor del pequeño embrión estelar creado por la caída del gas de bajo momento angular<sup>11</sup>. En este segundo escenario, el embrión debe acretar masa adicional del disco que le rodea para crecer hasta llegar a estrella, y esto requiere la consiguiente disipación del momento angular orbital en el disco. Campos magnéticos atrapados en el disco y torques externos creados por cúmulos autogravitantes pueden transferir el momento angular del disco desde las regiones interiores a las exteriores. Así, la materia del disco cae en espiral hacia el centro y el radio exterior ha de expandirse para conservar el mometo angular. Sin embargo, la acreción de materia desde el extremo interior del disco al ecuador de la protoestrella hace que la estrella gire demasiado rápido, con lo que debe, de nuevo expulsar el exceso de momento angular. La formación del propio campo magnético de la estrella, quizás generado por una dinamo interna, puede expulsar una fracción de la materia acretada en forma de potentes flujos bipolares, los cuales llevan fuera el exceso de momento angular.

En el embrión estelar la competición entre la gravedad y la presión es ganada por la primera porque el núcleo, al principio, permanece frío debido a que la radiación infrarroja emitida por los átomos, moléculas y granos de polvo puede escapar a través del gas (ópticamente transparente) en caída libre. La energía de caída libre corresponde a una luminosidad de entre 100 y 200  $L_\odot$ , pero no se emite de manera constante a lo largo del tiempo de contracción, sino que la mayor parte de ella se emite durante las fases finales del estadio de caída libre. La nube, por tanto, experimenta un máximo de radiación infrarroja que dura unos cuantos

---

<sup>10</sup>Hace referencia a la escala de tiempo en que un núcleo denso permanece sin albergar una estrella en el interior. Este tiempo fue obtenido a partir del número relativo de núcleos densos con y sin estrellas: la mitad de los núcleos observados en  $\text{NH}_3$  tienen estrellas en su interior con edades de 1 Maño.

<sup>11</sup>Estos discos podrían ser los embriones de los sistemas planetarios. En el Sistema Solar, encontramos que Júpiter y Saturno poseen el 98 % del momento angular de todo el sistema.

años durante los que tendrá una luminosidad de miles de veces la solar. A medida que la nube se vuelve más densa, ésta comienza a atrapar su propia radiación (medio ópticamente opaco). Cuando la radiación ya no puede escapar, la temperatura central aumenta y con ella, aumenta la presión, creándose un nuevo balance entre gravedad y presión en las regiones más internas del núcleo colapsante (en oposición a la situación altamente dinámica de la envoltura en caída); decimos que se ha formado el primer núcleo hidrostático<sup>12</sup>. En este estadio, sólo observaciones submilimétricas pueden detectar la presencia de la estrella en nacimiento. El objeto estelar en este grado evolutivo es llamado Clase 0. El núcleo hidrostático nace con unas  $0.01M_{\odot}$ , pero es de gran tamaño comparado con la mayoría de las estrellas (diámetro de varias unidades astronómicas, aproximadamente, como el radio de la órbita de Marte). Potentes choques envuelven el embrión a medida que la envoltura continúa cayendo a la superficie. Como el núcleo crece rápidamente en masa (cuando el núcleo ha acumulado más de la mitad de su masa final el objeto se denomina Clase I), su temperatura interior llega hasta  $T \simeq 1\,500 - 1\,800\text{ K}$ , disociando las moléculas de  $\text{H}_2$ . Como resultado, la temperatura ya no aumenta tan rápidamente produciéndose una mayor tasa de contracción; este segundo colapso es extraordinariamente rápido, durando sólo unos 10 años y se para cuando la mayoría del gas en su interior se ioniza (a  $T \simeq 10^4\text{ K}$  y  $T \simeq 10^5\text{ K}$  se ionizan el hidrógeno y el helio, respectivamente). A partir de este momento, el objeto estelar es llamado protoestrella.

Las protoestrellas de masa parecida a la del Sol son denominadas estrellas T-Tauri<sup>13</sup>. Una vez ionizada completamente la estrella ( $T \simeq 10^5 - 10^6\text{ K}$ ), la contracción es mucho más lenta (en este estadio una estrella T-Tauri tiene un radio tres veces mayor que el radio del Sol) y la estrella naciente entra en la fase de segundo núcleo hidrostático. El tiempo de vida de esta fase viene dado por la escala de tiempo térmico. Cuando la protoestrella alcanza la mayoría de su masa final tenemos el objeto Clase II. En este estadio, el cual ocurre a los  $10^6$  años, la protoestrella es visible a longitudes de onda ópticas.

Las protoestrellas alcanzan la Clase III cuando la acreción se para completamente, lo que ocurre tras 1-100 millones de años. Tan sólo una pequeña cantidad de materia queda en el disco, pudiendo comenzar la formación de planetas. La protoestrella central poco a poco se contrae hacia su tamaño final. Cuando la densidad y la temperatura es suficientemente alta (10-15 millones de grados K), comienza la fusión del hidrógeno y la protoestrella entra en la secuencia principal, convirtiéndose, entonces, en una estrella.

Durante la mayor parte de sus vidas, las estrellas evolucionan convirtiendo hidrógeno en helio en sus núcleos. Esta reacción termonuclear de fusión repone la energía perdida por la superficie de la estrella en forma de luz. Consecuentemente, cuanto más luminosa sea una estrella, más rápido consumirá su combustible. Las estrellas más masivas brillan con la luz de un millón de soles, con lo que sus reacciones de fusión consumirían el hidrógeno un millón de

<sup>12</sup>En esta situación la superficie del núcleo radia mientras el interior evoluciona hacia configuraciones aún más densas. Así, existe una lenta contracción que se para sólo cuando comienzan las reacciones termonucleares.

<sup>13</sup>Estudios sistemáticos de las nubes moleculares donde se están formando estrellas han llevado al descubrimiento de estos objetos conocidos como estrellas T-Tauri. Son objetos de masa relativamente baja ( $< 2M_{\odot}$ ) que presentan líneas de emisión de H, CaII y FeII; parecen ser estrellas en formación que están atravesando por una fase (de corta duración) de fuerte pérdida de masa en forma de flujo bipolar a velocidades supersónicas. Directamente relacionado con las estrellas T-Tauri, se encuentran los objetos Herbig-Haro, descubiertos independientemente en 1940 por los astrónomos George H. Herbig y Guillermo Haro que consisten en múltiples glóbulos (de 2 o 3 segundos de arco de diámetro) que se encuentran en nebulosas difusas. Parece ser que el gas de las estrellas T-Tauri, empujado a velocidades supersónicas, origina los objetos Herbig-Haro al comprimir la nebulosa que lo rodea.

veces más rápido que el Sol. Si tenemos en cuenta que las estrellas masivas sólo tienen del orden de 100 veces más hidrógeno que el Sol, la vida de estas estrellas será del orden de  $10^{-5}$  años la vida del Sol. Pero mucho antes, estas estrellas masivas tienen que formarse; a continuación presentamos los mecanismos de formación para estrellas masivas.

## 1.4 Formación de estrellas masivas

Las estrellas masivas no solamente viven rápido, sino que también se forman rápidamente. Las estrellas poco masivas tienden a liberarse de su nube natal incluso antes de alcanzar la secuencia principal. Por otro lado, las protoestrellas masivas maduran tan rápidamente que, generalmente, alcanzan la edad adulta todavía embebidas dentro de las nubes que las han formado. En ese momento se encuentran en la curiosa situación de comportarse como estrellas adultas en un medio de nacimiento de estrellas. Éste es uno de los motivos por lo que resulta muy difícil estudiar la infancia de las estrellas masivas, pues suelen estar inmersas en densos núcleos de nube molecular. Los modelos teóricos sobre el nacimiento de este tipo de estrellas se complican ya no sólo por el límite observacional, sino porque, por lo general, estas estrellas se forman en cúmulos<sup>14</sup>, donde tienen lugar numerosas interacciones entre las protoestrellas, añadiendo complejidad al modelo. Además, las estrellas masivas son escasas en el firmamento<sup>15</sup> por lo que no abundan en nuestra vecindad estelar (por cada estrella de  $10M_{\odot}$  nacen 100 de masa similar a la masa del Sol.).

En el proceso de formación estelar que hemos descrito anteriormente, entran en juego dos escalas de tiempo: el tiempo de acreción, aquel en que la protoestrella adquiere el material circundante, y el tiempo de contracción, aquel en el que se contrae la estrella y la temperatura alcanza el valor para dar comienzo a la ignición. Los cálculos indican que para estrellas de  $8M_{\odot}$  ambos tiempos coinciden, de manera que para masas mayores de este valor, el tiempo de contracción será menor que el de acreción, por lo que la estrella que haya alcanzado  $8M_{\odot}$  colapsará rápidamente y comenzará a quemar hidrógeno cuando aún se encuentre rodeada por los restos de la nube. En esta situación, el potente viento estelar y la radiación emitida por la estrella deberían dispersar el material circundante y la estrella, en principio, no podría crecer más. Por este motivo no deberíamos observar estrellas de más de  $8M_{\odot}$  en el firmamento. Sin embargo, existen muchos objetos que nos convencen de lo contrario. Sin ir más lejos, la estrella *Rigel* de unas  $18M_{\odot}$  en la constelación de Orión o *Eta Carinae* (Fig. 1.2) con una masa estimada entre 100 y 150 masas solares.

Actualmente, existen tres descripciones teóricas mayoritarias que tratan de resolver el problema de la formación de estrellas masivas: colapso monolítico y disco de acreción, acreción competitiva y colisiones estelares y fusiones. Los dos primeros son modelos donde el astro  $\geq 8M_{\odot}$  seguiría acreciendo material venciendo la presión de radiación mediante la atracción gravitatoria. Los tres modelos pueden darse en la naturaleza dependiendo de las condiciones iniciales de la nube molecular. No vamos a extendernos mucho en este complejo tema por lo que damos al lector las siguientes referencias para profundizar en el nacimiento de las estrellas masivas: Zinnecker & Yorke (2007), Tan (2005), Garay & Lizano (1999).

<sup>14</sup>Que los núcleos de nube molecular sean magnéticamente subcríticos o supercríticos parece que influye en que el nacimiento de estrellas masivas se dé de manera aislada o en cúmulos (Crutcher & Troland 2007).

<sup>15</sup>A pesar de la gran variedad de masas estelares, éstas siguen una distribución específica, dada por la llamada *Función Inicial de Masas* (ver Sect. 1.5).

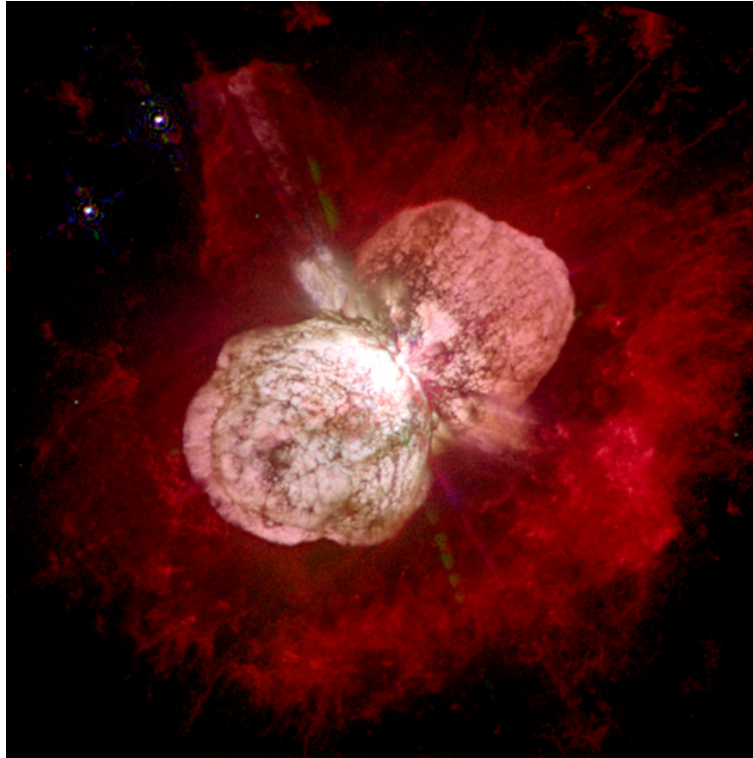


FIGURA 1.2: En el centro de la imagen tomada con el HST (Hubble Space Telescope) se encuentra la estrella supermasiva ( $100\text{-}150 M_{\odot}$ ) *Eta Carinae*, a 7 500 años/luz de distancia. La imagen muestra enormes nubes de gas y polvo expulsadas por la estrella.

- **Colapso monolítico y disco de acreción.** En este modelo se sigue el mismo esquema que para estrellas poco masivas pero con geometrías específicas del material circundante para este caso. Si la estrella acreta material a través de un disco circunestelar, deben aparecer los flujos moleculares a través del eje de rotación del sistema. Este flujo provocaría una abertura en la nube molecular por la que escaparía una parte significativa de los fotones de la estrella recién formada que tendería a reducir la presión de radiación en el ecuador de la estrella, facilitando la agregación de material en colapso. La diferencia en la masa final de la estrella viene determinada por la masa inicial de la nube materna y la tasa de acreción. A nivel experimental, se ha observado tanto la presencia de flujos moleculares como de las estructuras discoidales en objetos estelares jóvenes masivos. En el objeto estelar masivo G24.78+0.08 A1 ( $\simeq 20M_{\odot}$ , tipo espectral O9.5), se ha observado el efecto de gas cayendo desde el toroide a la estrella, con una masa de acreción de  $10^{-2} M_{\odot}/\text{año}$ , lo suficientemente elevada como para que el material en colapso supere la presión de radiación (Beltrán et al. 2006). Tan (2003) discute cómo las observaciones favorecen este paradigma, particularmente en el *núcleo caliente* de Orión (en la fuente I).
- **Acreción competitiva.** Estos modelos sugieren elevadas tasas de acreción, del orden de  $10^{-4}$  o  $10^{-3} M_{\odot}/\text{año}$  (en regiones de formación de estrellas poco masivas, las tasas de acreción son del orden de  $10^{-6}$  o  $10^{-5} M_{\odot}/\text{año}$ ). Este valor podría darse en procesos de acreción competitiva en cúmulos estelares densos, donde varias estrellas compiten por el material circundante (Bonnell et al. 2001). Las estrellas situadas en las regiones centrales se verían beneficiadas por la energía potencial gravitatoria, y a medida que alcanzaran mayor masa que sus compañeras, mayor cantidad de material circundante

seguirían acretando. Las estrellas que se hayan formado más tempranamente son las que, principalmente, se volverán más masivas, contando con tasas de acreción más elevadas que las estrellas formadas posteriormente. La tasa de acreción de los miembros más masivos estaría relacionada de manera directa con el número de compañeras estelares. A pesar de la dificultad en medir este valor para estrellas masivas (debido a la gran distancia a la que se encuentran las regiones de formación de estrellas masivas), una elevada tasa de acreción es necesaria para explicar la formación de estrellas de más de  $10M_{\odot}$ .

- **Colisiones y fusiones estelares.** En este modelo el colapso de las nubes sólo da lugar a estrellas poco masivas. Las estrellas masivas se formarían en cúmulos de estrellas de poca masa a través de la fusión de estos objetos al chocar (Bonnell et al. 1998). Este modelo requiere densidades estelares muy elevadas, del orden de  $10^6$  estrellas/ $\text{pc}^3$  (Bonnell & Bate, 2005), valor mucho mayor que al observado en la región de Orión, que no supera las  $10^4$  estrellas/ $\text{pc}^3$ . Sin embargo, el proceso de acreción competitiva incrementa la densidad estelar en el centro de los cúmulos, con lo que estas colisiones se volverían probables.

#### 1.4.1 Mecanismos inductores de la formación estelar

La ausencia de formación de estrellas masivas en nubes oscuras y la formación de asociaciones de estrellas OB en las nubes moleculares gigantes ha sido objeto de varios estudios (Wynn-Williams, 1982; Blitz, 1990; Cernicharo, 1990). Las estrellas poco masivas se forman de una manera más o menos uniforme sobre la nube molecular teniendo una formación, probablemente, continua; mientras, las estrellas masivas se forman de una manera eficaz en un momento dado, generando cúmulos de estrellas OB. Estos cúmulos estelares son muy jóvenes y se sitúan en regiones donde la densidad del gas interestelar es muy alta, en las nubes moleculares gigantes. En las galaxias espirales se observa que los cúmulos de estrellas OB se forman en el disco de la galaxia, donde se encuentra la mayor cantidad de gas y polvo. Este hecho sugiere la existencia de un factor de estimulación que induce la formación eficaz de estrellas y que actúa a escala galáctica. Existen, esencialmente, dos teorías que tratan de explicar la distribución a gran escala de las estrellas masivas: la teoría de las ondas de densidad (Lin & Shu, 1964; Roberts, 1969) y la formación contagiosa de estrellas (Seiden & Gerola, 1979). La teoría de las ondas de densidad justifica la estructura espiral de una galaxia como resultado de la propagación en el disco de una onda espiral autocohérente. Roberts (1969) predice la formación de ondas de choque en el gas neutro a su encuentro con la onda espiral, con lo que la densidad del gas aumenta y favorece la formación estelar masiva a partir de grandes complejos moleculares que se convierten en gravitacionalmente inestables. Este modelo explica la asociación espacial de las regiones HII con los brazos espirales. Estudios recientes del medio interestelar revelan una estructura más complicada que en el modelo de Roberts; además, actualmente este esquema es muy controvertido.

El modelo elaborado por Seiden & Gerola (1979), es la formación contagiosa de estrellas. Los procesos dinámicos que dan lugar a un aumento de la presión del medio interestelar: fotoionización, explosiones de supernova, viento estelar... producen inestabilidades gravitatorias desencadenando la propagación del proceso de formación estelar en otras regiones. Este efecto, unido a la rotación diferencial del disco de la galaxia, da origen a la formación de los brazos espirales, aunque este modelo no es capaz de explicar la gran simetría de esta estructura. En las galaxias irregulares, en las que no se observa la presencia de ondas de densidad, este mecanismo explica adecuadamente el régimen de formación estelar.

De manera más local, la teoría de contagio es conocida como la teoría de formación secuencial de estrellas (Blaauw, 1964). En nuestra galaxia, en las asociaciones OB la separación entre miembros de cada subgrupo es directamente proporcional a la edad de cada subgrupo (ver Capítulo 4 para el caso de la región de Orión). Elmegreen y Lada (1977) realizaron observaciones de las nubes moleculares en el dominio del IR y el radio encontrando que los inicios de la formación estelar, se hallaban en las cercanías de la interfase de la región HII y de la nube molecular asociada. Estudiaron la evolución de una capa delgada de gas neutro que se halla entre el frente de ionización y el frente de choque; esta capa es inestable gravitacionalmente y en unos millones de años colapsará dando lugar a la formación de nuevas estrellas masivas que repetirán el proceso. Es importante destacar que el modelo de Elmegreen y Lada no predice la formación de la población de estrellas poco masivas T-Tauri que se encuentran en los distintos subgrupos de las asociaciones OB (Briceño et al. 2007). Se asume que la población poco masiva se forma de manera independiente. Por lo tanto, este modelo secuencial no parece ser el principal mecanismo que explique la existencia de subgrupos de asociaciones OB. La inducción de formación estelar a raíz de explosiones de supernova sí proporcionaría una población de estrellas masivas y poco masivas conjuntamente (Herbst & Assousa, 1977; Preibisch & Zinnecker, 2007). De todas formas, en nuestra Galaxia existen varios casos claros de regiones HII en expansión que comprimen el gas molecular en el cual tiene lugar formación de estrellas masivas (Nebulosa de Orión, Nebulosa Carina), con lo que la formación secuencial de estrellas podría explicarse como combinación de ambos modelos. Como ejemplos de estudios realizados sobre formación secuencial de estrellas véase Cernicharo (1998) y Lefloch et al. (1999).

## 1.5 Función Inicial de Masas

Las estrellas nacen con una gran variedad de masas. El límite superior lo encontramos para estrellas de unas  $100M_{\odot}$ : estrellas con masas mayores serían inestables y la expulsión de radiación conllevaría la eyección de sus capas más superficiales. En el extremo opuesto, la mínima masa necesaria para alcanzar la presión y temperatura requeridas para las reacciones termonucleares del hidrógeno es un 8% de la masa solar (los objetos menos masivos son llamados enanas marrones).

Las observaciones muestran que las estrellas masivas son relativamente raras y las estrellas se vuelven progresivamente más comunes para masas menores. La distribución de masas estelares es conocida como la *Función de Masa* estelar. Sin embargo, no es realmente representativa del número de estrellas de masas diferentes nacidas en una nube dado que las estrellas pierden masa durante sus vidas y, especialmente, porque las estrellas de diferentes masas tienen distinto tiempo de vida. Las estrellas más masivas viven tan sólo algunos millones de años, mientras que estrellas con masas menores de  $0.8M_{\odot}$  que se formaron al principio del universo están todavía vivas. Corrigiendo estos efectos podemos derivar la *Función Inicial de Masas* (Salpeter, 1955), que será la distribución estrellas de distintas masas producidas por una nube molecular, encontrando que las masas de las estrellas formadas siguen una distribución específica.

En las vecindades del Sistema Solar se ha encontrado que la *Función Inicial de Masas* sigue una ley de potencia de tipo  $dN/dm \propto m^{-\alpha}$  (Kroupa, 2001):

$$\alpha = 0.3 \text{ para } 0.01M_{\odot} \leq m < 0.08M_{\odot}$$

$$\alpha = 1.3 \text{ para } 0.08M_{\odot} \leq m < 0.50M_{\odot}$$

$$\alpha = 2.3 \text{ para } 0.50M_{\odot} \leq m$$

Sin embargo, no está claro que esta distribución sea universal, pudiendo cambiar al variar las condiciones de la formación estelar, como podría ser el caso de otras galaxias o incluso de nuestro centro galáctico. Hoy en día existen tres teorías principales que tratan de explicar la forma de la *Función Inicial de Masas* (Klessen et al. 2009): acreción al núcleo, acreción competitiva y por las propiedades termodinámicas del gas.

- **Acreción al núcleo.** Las observaciones y los modelos teóricos muestran que la formación de estrellas en núcleos más masivos y densos tienden a crecer más rápidamente y a ganar más masa. De hecho, la distribución de masas de núcleos de nube antes del colapso es similar a la *Función Inicial de Masas* de la estrellas, implicando que la distribución de masas estelares es determinada por los procesos de fragmentación que producen los núcleos de nube (ver, por ejemplo, Stutzki & Guesten, 1990; Rathborne et al. 2009).
- **Acreción competitiva.** En este modelo la *Función Inicial de Masas* viene determinada por las interacciones entre las protoestrellas. Las masas estelares se van diferenciando a través de la acreción competitiva (Bonnell et al. 2007; Klessen et al. 2009).
- **Propiedades termodinámicas.** La fragmentación de la nube durante la fase de colapso depende de la compresibilidad del gas, donde la compresión turbulenta puede causar grandes aumentos de densidad en los cuales la *masa de Jeans* cae sustancialmente y muchos pequeños fragmentos pueden colapsar. Al aumentar la densidad del gas ( $n \simeq 10^5 - 10^6 \text{ cm}^{-3}$ ), la compresibilidad del mismo varía debido al acoplamiento térmico entre el gas y el polvo y en esta situación, la *masa de Jeans* nos proporciona valores que nos dan la variación en la potencia de la *Función Inicial de Masas* (Larsson, 2005; 2007).

En esta tesis estudiaremos las propiedades físicas y químicas del gas alrededor de estrellas masivas jóvenes, en la región de Orión KL, donde es probable que el fenómeno de nacimiento estelar siga produciéndose hoy en día. Con este capítulo que aquí concluimos queremos “advertir” al lector de la complejidad de la región que es objeto de nuestra investigación. Hemos descrito el proceso de formación estelar desde el comienzo de la fragmentación de una nube molecular hasta llegar a la secuencia principal para estrellas de distintas masas. Como hemos visto, los modelos teóricos aún deben ser refinados. Hoy en día, las observaciones todavía no penetran en las partes más profundas de los núcleos en las regiones de formación estelar. Esta tesis aporta nuevos datos cuantitativos en la descripción de la densidad, temperatura y composición química del gas que somos capaces de observar en las cercanías de estrellas masivas recién formadas. Lo que “vemos” en estos alrededores es el resultado y el residuo del proceso de colapso de la nube molecular junto con las variaciones de este material producidas por el proceso de formación estelar, donde flujos de materia, vientos estelares y radiación UV tienen lugar. Además de aportar información al proceso de la formación estelar en sí mismo, nuestro trabajo es una excelente prueba observacional para investigar el medio interestelar y más concretamente los procesos químicos que se dan en él.





## Capítulo 2

# Química del Medio Interestelar

El medio interestelar (ISM, InterStellar Medium) es, en primera aproximación, el material que sobra tras la formación de estrellas. Pero como hemos visto, la formación de estrellas es un proceso recurrente en el que nuevas estrellas se forman a partir de nubes interestelares. A lo largo de su vida las estrellas eyectan tanto energía como masa al medio interestelar. La energía tiene la forma de radiación estelar, estallidos de energía mecánica de los vientos estelares, explosiones de supernova, rayos cósmicos... En el medio interestelar también se encuentran radiaciones de fondo a distintas frecuencias, que bien se originan debido a fuentes puntuales, o, como en el caso de la radiación de fondo en microondas a 2.73 K, es el producto de un efecto de gran interés cosmológico, la primera recombinación. En el medio interestelar encontramos gas atómico, molecular e ionizado, existiendo una gran variedad de fases. Además, en este medio es muy relevante la presencia de partículas de polvo. Aunque las partículas de polvo suponen sólo el 1% de la materia de las nubes de materia interestelar, éstas difunden y absorben la luz de las estrellas de manera que resulta imposible ver a través de estas nubes densas en el rango de frecuencias del visible; además, los granos de polvo juegan un papel clave en la química de estas nubes: por un lado actúan de catalizadores y, por otro protegen a las moléculas de ser disociadas por la radiación proveniente de las estrellas. En el capítulo anterior hemos adelantado la existencia de nubes moleculares, donde tiene lugar la formación de las estrellas. La química de este tipo de regiones del medio interestelar es la que analizaremos en este capítulo, siendo un tema fundamental para la comprensión del fenómeno de formación estelar y en última instancia, se trata de la química precursora de los planetas y, por lo tanto, de la vida.

### 2.1 Fases del Medio Interestelar

Como ya hemos dicho, la formación de estrellas es un proceso recurrente que está íntimamente ligado con el medio interestelar. Si analizamos la formación de una estrella, vemos cómo la muerte de otras estrellas se encuentra implicada: Suponemos una nube grande y fría colapsando bajo su propia gravedad en el disco de la Galaxia. La contracción provoca el calentamiento de la nube y el colapso se detiene hasta que la energía se libera con la emisión de líneas espectrales de CO y otras moléculas. Una vez enfriada la nube, el colapso vuelve a comenzar, y así hasta la creación de la estrella. El CO procede del C y del O sintetizado en las estrellas y se forma gracias a la ionización por rayos cósmicos y no se destruye por estar apantallado por el polvo. Los rayos cósmicos proceden de las supernovas y el polvo del fin de las estrellas tipo solar como gigantes rojas en sus últimas fases. En sólo un millón de años todas las nubes moleculares de la Galaxia colapsarían para producir estrellas. Sin embargo, las nuevas estrellas formadas deshacen las nubes moleculares de las que se formaron y las dispersan hacia medios menos densos. Las explosiones de supernova, evacúan el gas incluso fuera del disco de la galaxia, dejando burbujas vacías en el medio interestelar. Las estrellas nacen en el medio interestelar y cuando mueren retornan parte de su masa al medio enriquecida por los procesos de nucleosíntesis<sup>1</sup> del interior estelar. Aproximadamente el 20% de la masa que forma estrellas se recicla de esta forma, la cantidad de gas de la galaxia decrece lentamente aunque parte de

---

<sup>1</sup>En la nucleosíntesis primordial se crearon átomos de hidrógeno, helio y litio. Todos los elementos químicos más pesados que existen en el Universo se han creado en el interior de las estrellas mediante reacciones de fusión (carbono, oxígeno, nitrógeno, hierro, etc.) o en la muerte de estrellas masivas en forma de explosión de supernova (para los elementos más pesados que el hierro).

este gas se recupera con la acreción de gas externo a nuestra galaxia.

El medio interestelar es fundamentalmente gaseoso y su estudio se basa, principalmente, en la medida de líneas espectrales en emisión o en absorción de la materia que lo compone. El análisis espectroscópico permite determinar temperaturas, densidades, composición y distribución del gas. De esta manera, podemos diferenciar varias fases del medio interestelar caracterizadas por distintos valores de la densidad y de la temperatura. Estas distintas fases son el resultado de la compleja interacción entre los diferentes procesos físicos que calientan y enfrían el ISM. Los procesos de calentamiento (como emisiones fotoeléctricas, fotoionizaciones, rayos cósmicos, disipación de movimientos turbulentos) actúan a diferentes escalas de tamaño y de tiempo; los procesos de enfriamiento (como emisión de líneas moleculares) dependen de la propia densidad y temperatura del ISM. Existen modelos teóricos que tratan de reproducir las distintas fases observadas del ISM (Field et al. 1969; McKee & Ostriker, 1977; Norman & Ferrara, 1996). A continuación resumiremos las distintas fases del ISM:

- Gas coronal: Es un componente muy difuso y caliente que se observa gracias a las líneas de absorción de átomos en altos estados de ionización en el espectro del UV lejano de estrellas OB. Las densidades son del orden de  $0.001 \text{ átomos cm}^{-3}$  y las temperaturas de unos  $10^6 \text{ K}$ . Contiene una fracción despreciable de la masa del medio interestelar, pero ocupa alrededor del 50% del volumen. El gas coronal surge como consecuencia de las ondas de choque creadas en las explosiones de supernova que destruyen los granos de polvo y atomizan el gas para, posteriormente, ionizarlo.
- Gas internubes: se observa a través de líneas espectrales débiles y anchas de HI a 21 cm en la dirección de fuentes extragalácticas. Las temperaturas están en torno a los  $10^3 \text{ K}$  y las densidades son del orden de  $0.1\text{--}1 \text{ cm}^{-3}$ .
- Regiones HII: son nubes de hidrógeno ionizado rodeando estrellas jóvenes y calientes. La temperatura típica es de  $10^4 \text{ K}$  y las densidades entre  $10^2$  y  $10^4 \text{ cm}^{-3}$ . Se encuentran asociadas a nubes moleculares densas y frías; el gas en esta fase se encuentra en expansión.
- Nubes interestelares difusas: Son nubes que varían bastante en densidad. Las nubes de baja densidad no presentan contenido molecular, mientras que en el límite de alta densidad se han detectado  $\text{H}_2$  y CO. También se detectan otras moléculas como  $\text{CH}^+$ , CH,  $\text{C}_2$  y CN, pero no moléculas más complejas. Se discute si estas regiones son los halos de otras más densas.
- Nubes frías y oscuras: Estas nubes reciben su nombre de la extinción tan elevada que presentan. No están relacionadas con regiones en las que haya estrellas de los primeros tipos espectrales. Son principalmente nubes moleculares con un halo de HI. La temperatura es muy constante,  $10 \pm 3 \text{ K}$ , y su rango de densidad está entre  $10^2\text{--}10^4 \text{ cm}^{-3}$ . Las líneas de emisión moleculares son más estrechas que en otros tipos de nubes. A veces, presentan núcleos más densos (en un factor 10–100) que el resto de la nube, pero que no están asociados a la presencia de estrellas en su interior. La temperatura de 10 K es la predicha por los modelos que suponen calentamiento por rayos cósmicos y enfriamiento por transiciones rotacionales de CO excitadas colisionalmente. Estas nubes interestelares frías y oscuras se han estudiado como los lugares de formación de estrellas de baja masa y sistemas planetarios. Una variedad de compuestos químicos exóticos encontrados en nubes moleculares, especialmente aquellos que contiene átomos de carbono, atrajeron gran interés

en conexión con la formación de planetas. Las recientes observaciones en radio e IR de cometas han aportado evidencias de que éstos son fósiles de 4.6 billones de años de la nebulosa protosolar, y mantiene una composición molecular similar que la que tenían en la nube fría y oscura. Por tanto, la evolución química en las nubes moleculares frías y oscuras es básicamente importante como el proceso inicial de la evolución de la materia interestelar en planetas (ver, por ejemplo, Marcelino et al., 2005; Kaifu et al., 2004).

- Nubes moleculares gigantes: Las nubes moleculares gigantes (GMC, “Giant Molecular Cloud”) son las entidades más masivas de la Galaxia. Fueron descubiertas con cartografías de emisión de CO. Estos objetos están casi siempre relacionados con cúmulos abiertos de estrellas OB. Los tamaños se encuentran entre 20 y 200 pc y muchas de ellas están unidas (Orión–Monoceros, Taurus–Perseo). Las densidades medias van de menos de 100 a  $10^3 \text{ cm}^{-3}$ . Las masas varían entre  $10^3$  y  $10^6$  masas solares. Mientras que las estrellas de los últimos tipos y baja masa se forman en cualquier tipo de nube molecular, las estrellas más masivas de los primeros tipos (OB) sólo se forman en GMCs con masas por encima de  $10^3$  masas solares. Las nubes moleculares, tanto las frías y oscuras, como las gigantes, están formadas mayoritariamente por moléculas de  $\text{H}_2$ <sup>2</sup>. Además, se detectan otras muchas especies moleculares en estas regiones (CO,  $\text{H}_2\text{O}$ , HCN...), la mayoría de ellas de naturaleza orgánica. Los granos de polvo son los otros habitantes importantes de las nubes moleculares<sup>3</sup>.
- Núcleos moleculares calientes de GMCs: Son regiones con altos valores de temperatura y densidad donde tiene lugar la formación de estrellas masivas. En muchas de estas regiones se encuentran violentos choques que son debidos a los movimientos supersónicos de masa eyectada por la propia protoestrella. Este tipo de calentamiento colisional mecánico es el dominante en temperaturas por encima de varios cientos de kelvin. Las masas de los núcleos moleculares calientes se encuentran entre 50 y casi 1 000 masas solares, siendo en núcleos de esta última masa los lugares de formación de cúmulos de estrellas.

## 2.2 Moléculas en el espacio

El campo de la Astrofísica Molecular se ha desarrollado enormemente en los últimos 20 años gracias, principalmente, a la herramientas observacionales que nos han abierto las ventanas espectrales del IR y las radioondas (centimétricas, milimétricas y submilimétricas).

Hasta la fecha, aproximadamente 165<sup>4</sup> especies moleculares diferentes han sido detectadas en el medio interestelar (nubes moleculares –frías, templadas, gigantes, en los núcleos...–, cometas, discos protoplanetarios, flujos moleculares, etc.) y en envolturas circunestelares (aquellas que forman las estrellas de masa similar al Sol en las últimas etapas de sus vidas).

---

<sup>2</sup>El  $\text{H}_2$  es 10 000 veces más abundante que la molécula que le sigue en abundancia en estas regiones, el CO.

<sup>3</sup>Se sabe poco de los granos de polvo, aquí indicamos algunas de sus propiedades: se forman en las envolturas circunestelares de estrellas evolucionadas, son no esféricos, porosos, tienen tamaños de entre  $< 1 \mu\text{m}$  hasta varios metros (considerando polvo interestelar a, por ejemplo, las rocas que componen los anillos de Saturno), su interior está compuesto de elementos refractarios como Al, Fe, Si, aunque también se han detectado elementos más ligeros como O y C, y en las regiones más frías los granos poseen mantos de hielo (fundamentalmente de agua, aunque también de CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

<sup>4</sup>Según el CDMS (Cologne Database for Molecular Spectroscopy). Para una información actualizada al momento de la lectura de esta tesis ver: <http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/molecules>

Las moléculas detectadas tienen entre 2 y 13 átomos, salvo el  $C_{60}$  y el  $C_{70}$  (los llamados *fullerenos*<sup>5</sup>). Existe bastante diversidad en el tipo de moléculas detectadas: moléculas orgánicas fácilmente sintetizables en los laboratorios terrestres (metanol, etanol, formaldehído...); cationes, moléculas con carga eléctrica positiva ( $H_3^+$ ,  $H_3O^+$ ,  $HCO^+$ ) y aniones moleculares con carga negativa ( $C_6H^-$ ,  $C_3N^-$ )<sup>6</sup>; radicales, moléculas muy reactivas e inestables ( $HCO$ ,  $OH$ ,  $C_nH$ , con  $n$  de 1 a 8); isómeros, moléculas que contienen los mismos átomos pero con diferentes estructuras (por ejemplo,  $HNC$  y  $HCN$ ); estructuras en cadenas lineales ( $HC_nN$  con  $n=3,5,7,9,11$ ;  $C_5$ ); estructura de anillos ( $C_3H_2$ ); moléculas con átomos más pesados (por ejemplo,  $SO$ ,  $SiO$ ,  $KCl$ ,  $NaCl$ ).

En las nebulosas brillantes iluminadas por intensos campos UV, se detectaron unas bandas en emisión que coincidían con los modos de vibración de moléculas orgánicas aromáticas, los conocidos como PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon); estas estructuras estarían formadas por varias unidades aromáticas (como el benceno) y, por tanto, por decenas o centenas átomos de carbono. Las teorías para el origen de estos compuestos son diversas: a través de eyecciones de materia de estrellas evolucionadas a gigantes rojas ricas en carbono, como productos o intermediarios en la formación del polvo interestelar, basándose estos estudios en una química similar a la producción de hollines (Frenklach & Feigelson, 1989; Cherchneff et al., 1992); por medio de reacción del material carbonáceo por medio de choques entre granos de polvo en el mismo ISM (Jones et al. 1996); procesados en el ISM por fotones UV y de rayos X y partículas energéticas en ondas de choque, gas caliente o rayos cósmicos (Micelotta et al., 2010a,b; 2011).

## 2.3 Química en el ISM

Los mecanismos de formación de las moléculas en el espacio todavía no han sido totalmente explicados. Parte del problema para entender la producción de estas especies reside en que las condiciones del medio interestelar no pueden recrearse en los laboratorios terrestres, por lo que no pueden hacerse experimentaciones directas. Otro problema, consiste en que, para muchas especies observadas, no se ha limitado convenientemente las propiedades físicas y las distribuciones espaciales del gas que las albergan<sup>7</sup>.

Para algunas especies como el  $CO$ ,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $C_2H_2$  y  $C_2H_4$  las reacciones ión-molécula en fase gaseosa<sup>8</sup> pueden explicar su formación en las nubes moleculares (Charnley et al. 1995).

<sup>5</sup>Estas especies fueron descubiertas en el laboratorio en estudios de la química de flujos moleculares ricos en carbono, viendo que estas estructuras eran muy estables. Ambas especies han sido detectadas en la nebulosa planetaria rica en carbono Tc 1.

<sup>6</sup>Estas especies empezaron a detectarse en el espacio en el año 2006; el resultado era sorprendente, teniendo en cuenta que en el ISM, las moléculas están expuestas a interacciones con multitud de eventos energéticos, entre ellos los rayos cósmicos, con lo que parecía difícil que una especie conservara una carga negativa. Hoy en día ya han sido detectados 6 aniones, ver, por ejemplo, Agúndez et al. (2010).

<sup>7</sup>Por medio de barridos espectrales de alta sensibilidad como el que se presenta en esta tesis, podemos limitar las propiedades físicas y químicas del gas. Esto es de relevante importancia para la realización de modelos químicos precisos. En Orión KL, las especies ricas en N y las ricas en O se encuentran en dos regiones diferenciadas espacialmente, con lo que puede distinguirse entre distintos tipos de química en el medio interestelar.

<sup>8</sup>La importancia de este tipo de reacciones en el ISM fue establecida a mediados de los años 60 (Herbst, Klemperer, Dalgarno, entre otros). A diferencia de las típicas reacciones a dos cuerpos donde la velocidad de la reacción aumenta con la temperatura, en las reacciones tipo ión-neutro, o las recombinaciones mediante electrones la velocidad de la reacción es inversamente proporcional a la temperatura, favoreciéndose este tipo de reacciones químicas en las condiciones físicas del ISM.

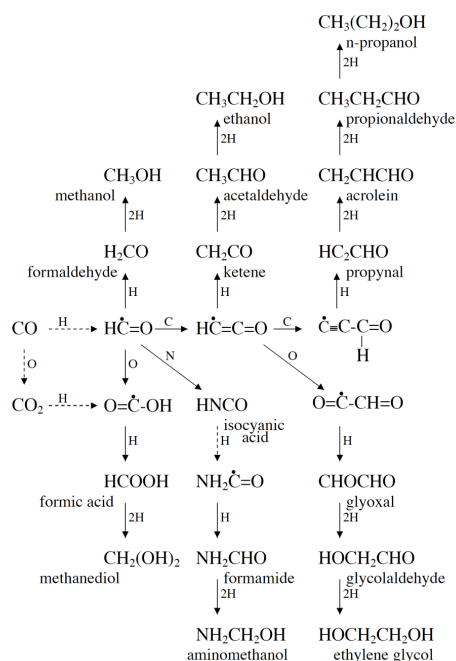


FIGURA 2.1: Esquema de reacciones químicas en la superficie de los granos dando como productos moléculas interestelares orgánicas a través de reacciones de adición de átomos. Las flechas discontinuas indican reacciones con altas energías de activación. Fuente: Charnley & Rodgers (2009).

Sin embargo, ese no es el caso para la molécula más abundante del Universo,  $\text{H}_2$ , que debe formarse en la superficie de los granos de polvo interestelares (recuerde el lector que estos granos representan tan sólo el 1% de la materia del ISM), los cuales actúan de catalizadores, para explicar las abundancias observadas (Gould & Salpeter, 1963; Hollenbach & Salpeter, 1971). Hoy en día, sigue estudiándose este mecanismo (por ejemplo, ver Cuppen & Herbst, 2005).

De manera análoga, las abundancias de muchas moléculas más complejas observadas en el ISM, no pueden ser reproducidas mediante modelos químicos donde tan sólo la fase gaseosa es tenida en cuenta. Para estos casos también es necesaria la química en la superficie de los granos.

El átomo de hidrógeno puede moverse fácilmente en la superficie de las partículas de polvo a baja temperatura, con lo que potencialmente, puede reaccionar con otros átomos o moléculas. Este mecanismo explica la producción de las abundancias observadas en moléculas como el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Hiraoka et al. (1998a,b) mostraron cómo el metano ( $\text{CH}_4$ ), el formaldehído ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) y el metanol, puede formarse a 13 K en un hielo de CO pulverizado con H. O'Neill et al. (2002) concluyen que tan sólo una pequeña fracción de CO pegada a los granos de polvo es necesaria para reproducir las abundancias de  $\text{CH}_3\text{OH}$  observadas en nubes difusas. Mientras el H tiene movilidad a bajas temperaturas ( $\sim 10$  K), otros átomos, moléculas y radicales no la tienen. Sin embargo, la temperatura del grano puede aumentar por medio, por ejemplo, de choques débiles y hacer que especies como C, O, CH,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{NH}_2$  y  $\text{CH}_3$  puedan moverse a través de la superficie del grano de polvo, dando lugar a especies más complejas (Widicus Weaver, 2005). Las posibles rutas hacia componentes orgánicos mayores en la superficie de los granos de polvo se muestran en la Fig. 2.1.

Las características de los mantos de los granos interestelares a través de espectroscopía en absorción en fuentes luminosas débiles, como las protoestrellas poco masivas, han sido observadas gracias a la alta sensibilidad del Telescopio Espacial Spitzer (Boogert et al. 2004). Además de la información de la composición química, observaciones con diversos instrumentos [ISO (Infrared Space Observatory), Spitzer y observatorios terrestres como Keck o el VLT (Very Large Telescope)] han permitido investigar la estructura de los hielos moleculares en regiones protoestelares y a través del campo emitido por estrellas (Ehrenfreund et al. 1998; van Dishoeck 2004; Boogert et al. 2004; Bergin et al. 2005; Knez et al. 2005; Whittet et al. 2007). Los modelos de química en la superficie de los granos han podido explicar satisfactoriamente el inventario molecular de los hielos interestelares: el alto grado de saturación, la importancia del metanol, la presencia de especies hidrogenadas y oxigenadas y el alto grado de deuteración del formaldehído y el metanol. Desde el punto de vista cuantitativo, estos modelos sufren de ciertas limitaciones: por un lado, debidas a la carencia de estudios en el laboratorio de los parámetros de reacciones importantes para este tipo de química y por otro, el límite observacional debido a que la espectroscopía en absorción de los hielos interestelares no proporciona información sobre las posibles trazas de compuestos que probablemente habiten estos mantos y sean fundamentales en diversas reacciones químicas (Tielens 2011).

Otros esquemas de reacción han sido propuestos para explicar las grandes abundancias observadas de especies como el formiato de metilo ( $\text{HCOOCH}_3$ ), la cual no puede formarse por la adición de un único átomo en la superficie de los granos (Horn et al. 2004). Recientes modelos de cinética química indican que se podrían formar de manera más eficiente por medio de la química radical-radical sobre la superficie de los hielos, donde los radicales son producto de la fotodisociación por rayos cósmicos de metanol (ver, por ejemplo Hasegawa & Herbst, 1993). Además, se sugiere una formación de formiato de metilo a través de una química en fase gas aún inexplorada. Por ello, se han propuesto (Neill et al., 2011) dos rutas de formación en fase gas mediante reacciones ión-molécula: Esterificación Fischer ( $[\text{HCOOH}_2]^+ + \text{CH}_3\text{OH}$ ) y transferencia del catión metilo ( $\text{HCOOH} + [\text{CH}_3\text{OH}_2]^+$ ), que implican la producción del isómero conformacional menos estable trans- de formiato de metilo protonado ( $[\text{HC}(\text{OH})\text{OCH}_3]^+$ ) en elevada abundancia (ya que tiene una energía más baja que su análogo protonado cis-), el cual se vuelve neutro tras una reacción de recombinación electrónica disociativa o de transferencia de protones. En este mismo estudio, se realizaron mapas de la emisión de distintas moléculas en la región de Orión KL con los interferómetros eVLA (Expanded Very Large Array) y CARMA (Combined Array for Research in Millimeter Astronomy); los resultados indican un ligero desplazamiento de  $\text{HCOOCH}_3$  con respecto a  $\text{CH}_3\text{OH}$  en la región de mayor densidad de ambas moléculas en la región, el “ridge” compacto. En la misma zona, se encuentra el área de disminución de ácido fórmico ( $\text{HCOOH}$ ), lo cual sugiere un proceso de producción en fase gas que consume  $\text{HCOOH}$  para producir  $\text{HCOOCH}_3$ .

Que las moléculas se formen en la superficie de los granos es sólo parte del problema, ya que las moléculas deben pasar a la fase gaseosa para poder ser detectadas por los radiotelescopios. Los mecanismos que liberan a la molécula del grano deben ser lo suficientemente energéticos para poder desligar a la molécula pero, a la vez, las energías deben ser lo suficientemente débiles para no destruirla en el proceso. En el caso de que la especie se formen por medio de reacciones exotérmicas, la energía liberada puede ser suficiente para desligar a la molécula creada. Sin embargo, la mayoría de las reacciones no son de este tipo, por lo que se han propuesto otros mecanismos capaces de producir el efecto mencionado: calentamiento por rayos cósmicos,

colisiones grano-grano, calentamiento por estrellas recién formadas y choques (Shalabiea & Greenberg, 1994; Hartquist et al., 1995).

La localización en el ISM de las especies moleculares pueden indicar su mecanismo de formación. Las moléculas que se forman por reacciones en la fase gaseosa o por reacciones en los granos a baja temperatura, tendrán, principalmente una emisión extensa. Por el contrario, aquellas moléculas que requieran mayores temperaturas para desligarse de los granos de polvo o se formen en fase gaseosa a “altas” temperaturas<sup>9</sup> se detectarán con una emisión más localizada, en los núcleos compactos de las nubes moleculares.

---

<sup>9</sup>De unos 100-300 K.





## Capítulo 3

# Interpretación de las observaciones

Nuestro trabajo ha consistido en realizar y analizar un barrido espectral sobre la fuente de Orión KL en el dominio de las ondas milimétricas. Es por tanto, que nuestras observaciones consisten en líneas espectrales de las distintas especies moleculares que pueblan aquella región. A partir de ellas, podemos deducir múltiples parámetros físicos y químicos de la nube. De esta manera, para poder comprender el análisis descrito en esta tesis, es imprescindible introducir algunos elementos sobre el transporte de radiación y la excitación de los niveles de energía de los átomos y moléculas interestelares. Primero, veremos la ecuación de transporte para el caso de dos niveles de energía involucrados cuyas poblaciones vienen completamente determinadas a través de las colisiones con otros átomos y moléculas. Este será el caso del Equilibrio Termodinámico Local (ETL). Sin embargo, debido a la baja densidad de muchas regiones del medio interestelar, esta aproximación es insuficiente para un adecuado análisis de las observaciones. Por eso, contemplaremos el caso de no ETL a través de la aproximación "Large Velocity Gradient" (LVG). Seguiremos el desarrollo descrito por James Lequeux en *The Interstellar Medium*, quien sintetiza en unos casos y desarrolla en otros los aspectos que a nosotros más nos interesan.

### 3.1 La ecuación de transporte radiativo

Supongamos un medio consistente en átomos o moléculas para los cuales es suficiente considerar tan sólo dos niveles de energía: el nivel fundamental  $l$  (*lower*) y el nivel excitado  $u$  (*upper*), separados por una energía  $E$ . Queremos obtener el transporte de radiación en este medio a una frecuencia  $\nu$ , cercana a  $\nu_0 = E/h$  (donde  $h$  es la constante de Planck). La radiación con una *intensidad específica*  $I_\nu$  (en unidades de  $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{strad}^{-1}$ ) a la frecuencia  $\nu$  incide sobre una sección del medio. En la superficie infinitesimal  $ds$  a lo largo de la dirección de propagación, la radiación a la frecuencia  $\nu$  es atenuada por la absorción en la línea espectral de aquellos átomos en el nivel  $l$  que pueden interactuar con la radiación y que tienen una densidad  $n_l(\nu)$ . Al mismo tiempo, la radiación se incrementa por la emisión espontánea de aquellos átomos en el nivel  $u$  que radian a la frecuencia  $\nu$ , además de la contribución por la radiación inducida a esta frecuencia. La probabilidad  $R_{lu}$  de una transición desde el nivel inferior  $l$  al superior  $u$  por unidad de tiempo (excitación radiativa) en un campo de radiación con una densidad de energía monocromática  $u_\nu$  (unidades de  $\text{erg cm}^{-3} \text{Hz}^{-1}$ ) a la frecuencia  $\nu$  se puede expresar como:

$$R_{lu} = B_{lu} \frac{cu_\nu}{4\pi} \quad (3.1)$$

Que define el coeficiente de absorción de Einstein  $B_{lu}$ . Si asumimos que la radiación es isotrópica (como es el caso del campo de radiación interestelar) tenemos  $u_\nu = 4\pi I_\nu/c$ , con lo que  $R_{lu} = B_{lu} I_\nu$ .

Análogamente, la probabilidad de una transición del nivel superior al inferior por unidad de tiempo (desexcitación radiativa) será:

$$R_{ul} = A_{ul} + B_{ul} \frac{cu_\nu}{4\pi} \quad (3.2)$$

donde  $A_{ul}$  es la probabilidad Einstein de emisión espontánea y  $B_{ul}$  es el coeficiente de Einstein de emisión inducida.

A través del balance de las transiciones radiativas podemos escribir la ecuación de transporte como:

$$\boxed{\frac{dI_\nu}{ds} = \frac{h\nu}{4\pi}[n_u(\nu)A_{ul} - [n_l(\nu)B_{lu} - n_u(\nu)B_{ul}]I_\nu]} \quad (3.3)$$

Definimos varios parámetros: el *coeficiente de absorción*

$$\kappa_\nu \equiv \frac{h\nu}{4\pi}[n_l(\nu)B_{lu} - n_u(\nu)B_{ul}], \quad (3.4)$$

la *profundidad óptica*

$$\tau_\nu \equiv \int \kappa_\nu ds, \quad (3.5)$$

y la *función fuente*

$$S_\nu \equiv \frac{n_u(\nu)A_{ul}}{n_l(\nu)B_{lu} - n_u(\nu)B_{ul}}. \quad (3.6)$$

De esta manera, la ecuación de transporte toma la forma más simple:

$$\boxed{\frac{dI_\nu}{d\tau_\nu} = S_\nu - I_\nu}. \quad (3.7)$$

Si la función fuente es uniforme a lo largo de la línea de visión, la ecuación de transporte puede ser fácilmente integrada:

$$\boxed{I_\nu(\tau_\nu) = I_\nu(0)e^{-\tau_\nu} + S_\nu(1 - e^{-\tau_\nu})}. \quad (3.8)$$

La ecuación de transporte es general y no tiene ninguna implicación sobre el mecanismo de población de los niveles de energía<sup>1</sup>.

A continuación, asumiremos que el medio se encuentra en ETL a la temperatura  $T$ . En este caso, la relación entre la población de los dos niveles está enteramente determinada por las colisiones que obedecen a la ley de Boltzmann<sup>2</sup>

$$\frac{n_u(\nu)}{n_l(\nu)} = \frac{g_u}{g_l} \exp\left(-\frac{h\nu_0}{kT}\right), \quad (3.9)$$

---

<sup>1</sup>El mecanismo de población de los niveles de energía será discutido en este mismo capítulo y veremos casos prácticos en la *Parte II* de esta tesis

<sup>2</sup>Rigurosamente, la ley de Boltzmann se escribe con las poblaciones totales  $n_l$  y  $n_u$  de ambos niveles. Para poder escribir la ecuación como se muestra a continuación, hay que asumir que la línea espectral tiene la misma forma en emisión y en absorción, o en otras palabras, asumir que las distribuciones de las poblaciones de los dos niveles en función de las frecuencias, son idénticas.

donde  $g_u$  y  $g_l$  son los *pesos estadísticos* (número de subniveles de los niveles  $u$  y  $l$ , respectivamente<sup>3</sup>).

Si la profundidad óptica es elevada,  $I_\nu$  tiende a la intensidad de un cuerpo negro (función de Planck)  $B_\nu(T)$  a la temperatura del medio  $T$ . Esto implica que  $S_\nu = B_\nu(T)$ . En el centro de la línea tendremos  $S_{\nu_0}$ , que será la función de Planck  $B_{\nu_0}(T)$ :

$$B_{\nu_0}(T) = \frac{2h\nu_0^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu_0}{kT}} - 1}, \quad (3.10)$$

Identificando los términos entre las ecuaciones 3.6 y 3.10 y usando la ley de Boltzmann, podemos obtener las *relaciones de Milne* entre los coeficientes de absorción y emisión de Einstein:

$$g_l B_{lu} = g_u B_{ul} \quad A_{ul} = \frac{2h\nu^3}{c^2} B_{ul} \quad (3.11)$$

De esta manera, el coeficiente de absorción quedaría de la forma:

$$\kappa_\nu \equiv \frac{c^2 n_l(\nu) g_u}{8\pi \nu_0^2 g_l} A_{ul} \left[ 1 - \frac{g_l n_u(\nu)}{g_u n_l(\nu)} \right] \quad (3.12)$$

Vemos cómo el coeficiente de absorción es proporcional a la densidad  $n$ . Si definimos la *densidad de columna* de átomos (o moléculas) como  $N = \int n ds$  (unidades de  $\text{cm}^{-2}$ ), número de partículas en un cilindro de sección unitaria a lo largo de la línea de visión. Con estas relaciones, hacemos notar que la densidad de columna es proporcional a la profundidad óptica<sup>4</sup>.

Las ecuaciones 3.11 y 3.12 son generales independientemente de la asunción de ETL. Sin embargo, la función fuente  $S_\nu$  es tan sólo igual a la función de Planck para procesos radiativos en un medio en ETL, sea cual sea la profundidad óptica del mismo.

### La aproximación de Rayleigh-Jeans

A las frecuencias radio,  $h\nu \ll kT$ , por lo que la función de Planck se puede expresar de la manera:

$$B_\nu(T) = \frac{2kT\nu^2}{c^2}, \quad (3.13)$$

lo que se conoce como la aproximación de Rayleigh-Jeans. Así, la solución de la ecuación de transporte se puede expresar de la forma:

$$I_\nu(\tau_\nu) = I_\nu(0)e^{-\tau_\nu} + \frac{2kT\nu^2}{c^2}(1 - e^{-\tau_\nu}). \quad (3.14)$$

Dada esta ecuación, los radioastrónomos expresan las intensidades específicas en función de la *temperatura de brillo*,  $T_B$ , definida por:

$$T_B \equiv \frac{c^2}{2k\nu^2} I_\nu. \quad (3.15)$$

La temperatura de brillo tan sólo tiene significado físico bajo las condiciones de ETL. Así, podemos escribir la solución en ETL de la ecuación de transporte de una manera sencilla:

---

<sup>3</sup>El peso estadístico de un nivel  $n$  cuyo momento angular viene dado por el número cuántico  $J$  es  $g_n = 2J + 1$ .

<sup>4</sup>Esta proporcionalidad nos limita los valores de las densidades de columna para líneas ópticamente opacas. A lo largo de esta tesis veremos esta situación en diversas ocasiones.

$$T_B(\tau_\nu) = T_B(0)e^{-\tau_\nu} + (1 - e^{-\tau_\nu})T. \quad (3.16)$$

La ecuación escrita así nos muestra cómo si el material intermedio es más caliente que el material de fondo, la línea será vista en emisión, y en absorción en el caso contrario. Esta es una propiedad muy general, válida incluso en medios en no ETL. En el caso de líneas ópticamente transparentes  $\tau_\nu \ll 1$ , y si la emisión del continuo  $T_B(0)$  es débil, podemos simplificar la expresión anterior:

$$T_B(\tau_\nu) = \tau_\nu T. \quad (3.17)$$

Como ya hemos apuntado, la densidad de columna  $N$  es proporcional a la profundidad óptica  $\tau_\nu$ , por lo que la temperatura de brillo  $T_B$  será proporcional a la densidad de columna  $N$ . Para un medio ópticamente opaco y en ETL, la temperatura de brillo será la temperatura cinética del medio ( $T_k$ ).

En radioastronomía es habitual utilizar el término *temperatura de antena* ( $T_A$ ). Esta es la temperatura de un cuerpo negro imaginario el cual cubre la antena por completo y aporta una señal igual a la observada. Según el teorema de Nyquist, la energía recibida por la antena por unidad de intervalo de frecuencia vendrá dada por  $W_\nu = kT_A$ . Para una antena ideal y para regiones extensas uniformes, obtendríamos  $T_A = T_B$ . Sin embargo, al no existir ese caso, hay que tener en cuenta la eficiencia de la antena. Se define la *eficiencia del haz principal* (*main beam efficiency*) ( $\mu_b$ ) como el cociente entre la  $T_A$  y la  $T_B$  de una fuente uniforme que cubre justo el haz principal de la antena, asumiendo que no existe atenuación por la atmósfera terrestre. Las temperaturas de antena corregidas por esta eficiencia y por la atmósfera terrestre son las llamadas *temperaturas del haz principal* (*main beam temperatures*),  $T_{mb} = T_A / [\mu_b \exp(-\tau_{atm})]$ , donde  $\tau_{atm}$  es la profundidad óptica de la atmósfera en la dirección de la fuente.

Por definición,  $T_{mb} = T_B$  para una fuente que cubra exactamente el haz principal de la antena. Sin embargo, para una fuente más extensa tendríamos  $T_{mb} > T_B$  pues los lóbulos secundarios de la antena recibirían energía. Si la fuente observada es más pequeña que el diámetro del haz principal, tendríamos  $T_{mb} < T_B$  y hablaríamos del *factor de dilución* de la antena.

### Temperatura de excitación

Si queremos obtener la intensidad total (o integrada) de una línea espectral, tendremos que integrar la ecuación de transporte o sus soluciones en frecuencia. Para ello, debemos conocer la distribución espectral normalizada  $\phi_{ul}(\nu)$  de la intensidad de la línea de emisión, que tiene la forma:

$$\int_{line} \phi_{ul}(\nu) d\nu = 1. \quad (3.18)$$

El coeficiente de absorción ahora se puede escribir:

$$\kappa_\nu = \frac{c^2 n_l g_u}{8\pi \nu^2 g_l} A_{ul} \left[ 1 - \frac{g_l n_u}{g_u n_l} \right] \phi_{ul}(\nu), \quad (3.19)$$

donde  $n_u$  y  $n_l$  son las densidades de átomos en los niveles  $u$  y  $l$ , respectivamente. Por analogía con la expresión de Boltzmann para la población de los niveles en ETL, la *temperatura de excitación* ( $T_{ex}$ ) puede definirse como:

$$\boxed{\frac{g_l n_u}{g_u n_l} = \exp\left(\frac{-h\nu_0}{kT_{ex}}\right)}, \quad (3.20)$$

donde  $\nu_0$  es la frecuencia central de la línea. De esta manera, el coeficiente de absorción queda de la forma:

$$\kappa_\nu = \frac{c^2 n_l g_u}{8\pi\nu^2 g_l} A_{ul} \left[ 1 - \exp\left(\frac{-h\nu_0}{kT_{ex}}\right) \right] \phi_{ul}(\nu), \quad (3.21)$$

o en la aproximación de Rayleigh-Jeans,

$$\kappa_\nu = \frac{c^2 n_l g_u}{8\pi\nu^2 g_l} A_{ul} \frac{-h\nu_0}{kT_{ex}} \phi_{ul}(\nu), \quad (3.22)$$

En la práctica se suele expresar la forma de la línea en función de la velocidad radial ( $v$ ) más que en función de la frecuencia. Si llamamos  $\Delta\nu$  (o  $\Delta v$  expresado en velocidad radial) a la anchura de la línea a la mitad de intensidad, tenemos  $\phi_{ul}(\nu_0) \approx 1/\Delta\nu = c/(\nu_0 \Delta v)$ . La profundidad óptica en el centro de la línea ( $\tau_0$ ) es, en la aproximación de Rayleigh-Jeans, una función de la densidad de columna de átomos en el nivel  $l$  ( $N_l$ ):

$$\tau_0 \approx \frac{c^3 g_u A_{ul}}{8\pi\nu^3 g_l} \frac{N_l}{\Delta v} \frac{-h\nu_0}{kT_{ex}}. \quad (3.23)$$

La temperatura de excitación no tiene significado físico salvo en ETL. Puede tomar cualquier valor, incluso negativo. Las temperaturas de excitación negativas corresponden a una inversión en la población de los niveles, lo que se conoce como efecto máser<sup>5</sup>.

## 3.2 Sistema de dos niveles fuera del ETL

### 3.2.1 Relaciones generales

En el caso general, las transiciones radiativas no pueden despreciarse con respecto a las colisiones, ambas poblarán los niveles de energía. Asumiendo que las poblaciones del nivel se encuentran estadísticamente equilibradas con la radiación y las colisiones, podemos escribir que el número de transiciones hacia el nivel superior por unidad de tiempo es igual al número de transiciones hacia el nivel inferior (equilibrio estadístico):

$$n_l(R_{lu} + C_{lu}) = n_u(R_{ul} + C_{ul}). \quad (3.24)$$

$R_{lu}$  y  $R_{ul}$  son las probabilidades de excitación y desexcitación radiativa, respectivamente.  $C_{lu}$  y  $C_{ul}$  son, respectivamente, las probabilidades de excitación y desexcitación colisional, las cuales son proporcionales a la densidad de partículas ( $n$ ) responsables de las colisiones. La relación entre ambas probabilidades, asumiendo ETL, es

$$n_l C_{lu} = n_u C_{ul} \quad (3.25)$$

y mientras nos encontremos en ETL

$$\frac{n_u}{n_l} = \frac{g_u}{g_l} \exp\left(-\frac{h\nu}{kT_K}\right), \quad (3.26)$$

---

<sup>5</sup>En la *Parte II* veremos la detección de dos transiciones de la molécula de SiO vibracionalmente excitado en efecto máser.

$$C_{lu} = C_{ul} \frac{g_u}{g_l} \exp\left(-\frac{h\nu}{kT_K}\right). \quad (3.27)$$

La última expresión tan sólo contiene parámetros atómicos y es válida para el caso general de no ETL; a partir de ella, podemos definir una *temperatura cinética* ( $T_K$ ). Volviendo al caso general de no ETL para un sistema de dos niveles, expresando  $R_{lu}$  y  $R_{ul}$  en términos de la probabilidad de emisión espontánea  $A_{ul}$  y usando las *relaciones de Milne-Einstein* 3.11, podemos escribir:

$$\boxed{\frac{n_u}{n_l} = \frac{g_u}{g_l} \frac{A_{ul} I_\nu c^2 / 2h\nu^3 + C_{ul} \exp(-h\nu/kT_K)}{(1 + I_\nu c^2 / 2h\nu^3) A_{ul} + C_{ul}}}. \quad (3.28)$$

Si la aproximación de Rayleigh-Jeans es válida, entonces la expresión anterior se simplifica de la siguiente manera:

$$T_{ex} = T_K \left( \frac{T_0 + T_B}{T_0 + T_K} \right), \quad (3.29)$$

siendo

$$T_0 = \frac{h\nu}{k} \frac{C_{ul}}{A_{ul}}. \quad (3.30)$$

una cantidad sin sentido físico. Podemos verificar que si las colisiones dominan,  $T_0$  será grande y  $T_{ex} \simeq T_K$  (ETL). Análogamente, si las colisiones son despreciables,  $T_0$  será pequeño y  $T_{ex} \simeq T_B$  (equilibrio radiativo).

La probabilidad de desexcitación colisional es:

$$C_{ul} = n \langle \sigma_{ul} v \rangle, \quad (3.31)$$

donde  $n$  es la densidad de partículas responsables de las colisiones,  $v$  su velocidad y  $\sigma_{ul}$  el coeficiente de desexcitación colisional (que en general, depende de  $v$ ). Los símbolos  $\langle \rangle$  significa la media entre todas las velocidades relativas  $v$ . Existe una densidad crítica para la cual las transiciones radiativas y colisionales tienen la misma importancia<sup>6</sup>, ésta es:

$$n_{crit} = \frac{1}{\langle \sigma_{ul} v \rangle} \left( 1 + \frac{I_\nu c^2}{2h\nu^3} \right) A_{ul}, \quad (3.32)$$

y en la aproximación de Rayleigh-Jeans

$$n_{crit} = \frac{1}{\langle \sigma_{ul} v \rangle} \left( 1 + \frac{kT_B}{h\nu} \right) A_{ul}. \quad (3.33)$$

### 3.2.2 Equilibrio radiativo

Un caso interesante donde las transiciones moleculares están dominadas por la radiación es aquel de las moléculas de CN y CH en el gas atómico neutro del medio interestelar. CN, por ejemplo, tiene la transición  $J = 1 \rightarrow 0$  a la longitud de onda de 2.64 mm, con  $A_{10} = 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , un valor relativamente grande. La población del nivel estará enteramente dominada por la

---

<sup>6</sup>Es este valor quien nos ofrece las pistas sobre el mecanismo de población de los niveles de energía en una región dada.

radiación mientras la densidad de HI sea menor de  $10^3$  átomos  $\text{cm}^{-3}$ . Este es, de hecho, el caso general en el medio difuso. Por tanto, la temperatura de excitación es igual a la temperatura de radiación a 2.64 mm. Se puede probar (ver Lequeux, 2003) que esa temperatura es  $2.8 \pm 0.1$  K. La radiación de fondo de microondas del Universo fue descubierta después de estas observaciones; ésta corresponde a una temperatura de  $2.726 \pm 0.010$  K y domina por completo el campo de radiación a las longitudes de onda milimétricas excepto si nos encontramos con fuentes intensas de continuo o de líneas. Una interesante comprobación de que la radiación es la responsable de la población de los niveles de CN es el hecho de que la línea rotacional a 2.64 mm no se ve superpuesta ni en emisión ni en absorción a la radiación cósmica de fondo del Universo.

### 3.2.3 La aproximación LVG

Hemos visto cómo el nivel de equilibrio en un punto dado es, en general, determinado tanto por la densidad local como por el campo de radiación a la frecuencia considerada. En cambio, este campo de radiación es en sí mismo determinado por las propiedades de los átomos o moléculas que emiten radiación en otras regiones del medio. Para calcular la población de los niveles es, por tanto, necesario, en principio, resolver simultáneamente las ecuaciones de equilibrio estadístico y de radiación en todos los puntos del medio. Afortunadamente, existen simplificaciones analíticas en dos casos. El primero de ellos es en regiones profundamente embebidas en medios ópticamente opacos. Allí, las partículas emisoras están aisladas del exterior y las colisiones y la radiación estarán en equilibrio. Esto implica  $T_{ex} = T_K = T_B$  sea cual sea la densidad. Desgraciadamente, este caso tiene tan sólo un interés académico dado que estas regiones no pueden ser observadas por un observador externo.

El otro caso es mucho más interesante para nuestro estudio. Consideremos un medio que emite localmente una línea estrecha, cuya anchura  $\delta\nu$  es debida al efecto Doppler producido por el movimiento térmico de las partículas, movimientos macroscópicos aleatorios locales (microturbulencia). Además, asumiremos que existen gradientes de velocidad importantes a gran escala, debidos, por ejemplo, a la contracción o expansión general del medio. En esta situación, en una frecuencia dada de la línea, la emisión que ve cada punto de la nube proviene tan sólo de una región restringida, lo que proporciona un desacoplamiento radiativo de las distintas regiones del objeto bajo estudio. Es aquí donde se utiliza la aproximación *Large Velocity Gradient* (LVG). Esta aproximación fue propuesta por Sobolev y desarrollada para líneas moleculares milimétricas por Scoville & Solomon (1973) y por Goldreich & Kwan (1974). La aproximación LVG, además, asume que el gradiente de velocidad, la densidad y las temperaturas cinética y de excitación son uniformes en el medio (en la actualidad existen mejoras de esta aproximación que permiten introducir gradientes de temperatura y densidad en el medio). Las aproximaciones analíticas que nos permiten calcular la intensidad de la línea en esta aproximación son algo complicadas de demostrar y difíciles de encontrar en la literatura. Aquí, siguiendo a James Lequeux en *The Interstellar Medium* daremos la derivación completa dada por Surdej (1977).

La ecuación de equilibrio estadístico local puede escribirse como (ver 3.24, 3.1 y 3.2):

$$n_l \left( \frac{c}{4\pi} \langle u(\mathbf{r}) \rangle B_{lu} + C_{lu} \right) = n_u \left( A_{ul} + \frac{c}{4\pi} \langle u(\mathbf{r}) \rangle B_{ul} + C_{ul} \right) \quad (3.34)$$

donde  $\langle u(\mathbf{r}) \rangle$  es la densidad local de radiación media a la frecuencia dada y en la posición  $\mathbf{r}$ ; se relaciona con la función fuente,  $S(\mathbf{r})$ , en el medio mediante la relación:

$$\langle u(\mathbf{r}) \rangle = \int K(\mathbf{r} - \mathbf{r}') S(\mathbf{r}') d(\mathbf{r}'), \quad (3.35)$$



donde  $K(\mathbf{r} - \mathbf{r}')$  es una función que depende del campo de radiación en todo el medio y de la propagación de dicha radiación (función kernel). Sin embargo, si existe un gran gradiente de velocidades, aquellos fotones que están involucrados en la emisión de la línea en el punto  $\mathbf{r}$ , sólo podrán provenir de una región cercana definida por la distancia  $l$  tal que

$$l \simeq \delta v R / \Delta V, \quad (3.36)$$

donde  $\delta v$  es la anchura local de la línea,  $\Delta V$  es el rango total de velocidad y  $R$  es la profundidad total del medio a lo largo de la línea de visión. Asumiremos también la completa redistribución de las frecuencias, esto es que un fotón absorbido es reemitido (scattered) sin memoria de dirección, frecuencia o polarización del fotón “incidente”, teniendo la línea el mismo perfil en absorción y en emisión; esta es una hipótesis razonable. Consideramos la función fuente como aproximadamente uniforme en un volumen de radio  $l$  alrededor del punto en cuestión; de esta manera la densidad local de radiación se puede escribir simplemente como:

$$\langle u(\mathbf{r}) \rangle = [1 - \beta(\mathbf{r})] S(\mathbf{r}), \quad (3.37)$$

donde  $\beta(\mathbf{r})$  es la *probabilidad de escape* de un fotón de la línea en la posición  $\mathbf{r}$ .

La *probabilidad de absorción*,  $a = 1 - \beta$ , de un fotón con una frecuencia de emisión  $\nu$  en la dirección  $\mathbf{s}$  es:

$$a(\nu, \mathbf{s}) = \int_0^{s(\nu)} \exp \left[ - \int_0^s \kappa(\nu) \phi \left( \nu - \nu_0 - \frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s' \right) ds' \right] \times \kappa(\nu) \phi \left( \nu - \nu_0 - \frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s \right) ds. \quad (3.38)$$

El primer término de esta ecuación (la exponencial) es la probabilidad de que un fotón con frecuencia  $\nu$  alcance el punto  $s$  en la dirección dada sin ser absorbido. El segundo término es la probabilidad de absorción de ese mismo fotón entre los puntos  $s$  y  $s + ds$ .  $\phi$  es el perfil normalizado de la línea, y el término  $(\nu_0/c)(dv_s/ds)$  representa el efecto Doppler debido al gradiente de velocidad a lo largo de la línea de visión. La integral está limitada, de hecho, al punto  $s(\nu)$  donde el fotón ya no contribuye al perfil de la línea. Por hipótesis, este punto es relativamente cercano del punto donde el fotón es emitido. Podemos simplificar la ecuación anterior con los siguientes cambios de variable:

$$x = \nu - \nu_0 - \frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s', \quad (3.39)$$

y

$$y = \nu - \nu_0 - \frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s. \quad (3.40)$$

Por hipótesis,  $\kappa(\nu)$  y  $dv_s/ds$  pueden ser considerados como una constante en la integral, pudiendo escribirse de la manera:

$$\tau_0(\mathbf{s}) = \frac{\kappa(\nu)}{\nu_0} \frac{c}{dv_s/ds}. \quad (3.41)$$

La probabilidad de absorción es entonces:

$$a(\nu, \mathbf{s}) = \int_{y[s(\nu)]}^{\nu_0 - \nu} \int \frac{d}{dy} \left\{ \exp \left[ \tau_0(\mathbf{s}) \int_{\nu_0 - \nu}^y \phi(x) dx \right] \right\} dy, \quad (3.42)$$

que también se puede expresar de la forma

$$a(\nu, \mathbf{s}) = 1 - \left[ \tau_0(\mathbf{s}) \int_{\nu_0 - \nu}^{y[s(\nu)]} \phi(x) dx \right]. \quad (3.43)$$

Integrando sobre el perfil de la línea, asumiendo que las frecuencias están limitadas al intervalo  $(-\Delta\nu, +\Delta\nu)$ , donde  $\Delta\nu$  es aproximadamente la anchura local de la línea a mitad de potencia, tenemos:

$$a(\mathbf{s}) = \int_{\nu_0 - \Delta\nu}^{\nu_0 + \Delta\nu} a(\nu, \mathbf{s}) \phi(\nu - \nu_0) d\nu. \quad (3.44)$$

Usando el cambio de variable  $f = \nu - \nu_0$ , para el cual  $df = d\nu$ , tenemos

$$a(\mathbf{s}) = \int_{-\Delta\nu}^{+\Delta\nu} \left( 1 - \exp \left[ \tau_0(\mathbf{s}) \int_f^{y[s(\nu)]} \phi(x) dx \right] \right) df. \quad (3.45)$$

Dada la normalización del perfil de la línea  $\phi(\nu - \nu_0)$ , obtenemos

$$a(\mathbf{s}) = 1 + \int_{-\Delta\nu}^{+\Delta\nu} \frac{d}{df} \left( \exp \left[ \tau_0(\mathbf{s}) \int_f^{y[s(\nu)]} \phi(x) dx \right] \right) df. \quad (3.46)$$

Téngase en cuenta que

$$y[s(\nu)] = \nu - \nu_0 \mp \frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s(\nu). \quad (3.47)$$

de acuerdo con el signo de  $dv_s/ds$ . El efecto Doppler en el punto  $s(\nu)$  después del cual la absorción es despreciable es aquel que

$$\frac{\nu_0}{c} \frac{dv_s}{ds} s(\nu) = \nu - (\nu_0 - \Delta\nu), \quad (3.48)$$

por lo que

$$y[s(\nu)] = \mp \Delta\nu. \quad (3.49)$$

Esto nos permite obtener la expresión final para la probabilidad de absorción en la dirección  $\mathbf{s}$

$$a(\mathbf{s}) = 1 - \frac{1 - \exp(-|\tau_0(\mathbf{s})|)}{|\tau_0(\mathbf{s})|}. \quad (3.50)$$

La probailidad de escape vendrá dada por

$$\beta(\mathbf{s}) = \frac{1 - \exp(-|\tau_0(\mathbf{s})|)}{|\tau_0(\mathbf{s})|}. \quad (3.51)$$

Ahora tenemos que integrar la probabilidad de escape en todas las direcciones para obtener la probabilidad global de escape. Consideremos el caso simple plano paralelo. Definimos  $\mu$  como el coseno del ángulo  $(\mathbf{s}, \mathbf{n})$ , entre la línea de visión  $\mathbf{s}$  y la normal  $\mathbf{n}$  de las capas del medio. Escribiendo  $\tau_0(\mu) \equiv \tau_0(\mathbf{s})$  tenemos:

$$\beta = \int \frac{1 - \exp(-|\tau_0(\mu)|)}{|\tau_0(\mu)|} \frac{d\Omega}{4\pi} = \frac{1}{2} \int \frac{1 - \exp(-|\tau_0(\mu)|)}{|\tau_0(\mu)|} d\mu. \quad (3.52)$$

Definimos

$$\tau_0 = \frac{\kappa}{\nu_0} \frac{c}{dv/dz}, \quad (3.53)$$

la expresión integrada en el perfil de la línea, siendo  $z$  la coordenada normal a las capas del medio.  $\tau_0$  es la profundidad óptica media en la línea normal al medio. Por otro lado

$$dv_s/ds = \mu^2(dv/dz), \quad (3.54)$$

Aplicando la *aproximación de Eddington* que reemplaza  $\mu^2$  por el valor medio de  $\cos^2(\mathbf{s}, \mathbf{n})$  sobre todas las direcciones en la mitad del espacio,  $1/3$ , obtenemos el resultado final para la probabilidad de escape,

$$\beta = \frac{1 - \exp(-3\tau_0)}{3\tau_0} \quad (3.55)$$

Vemos que  $\beta \rightarrow 1$  cuando  $\tau_0 \rightarrow 0$  y que  $\beta \rightarrow 1/3\tau_0$  cuando  $\tau_0 \rightarrow \infty$ . Recordando la ecuación de equilibrio estadístico (3.34), la expresión para la temperatura de brillo en la línea, en la aproximación de Rayleigh-Jeans, es

$$T_B = \frac{T_K}{1 + (kT_K/h\nu_0) \ln \{1 + (A_{ul}/3C_{ul}\tau_0)[1 - \exp(-3\tau_0)]\}}. \quad (3.56)$$

En el caso esférico, la probabilidad de escape, en la aproximación de Eddington (de Jong et al., 1975) queda de la forma,

$$\beta = \frac{1 - \exp(-\tau_0)}{\tau_0} \quad (3.57)$$

El formalismo LVG es una excelente aproximación para resolver el problema del transporte de radiación en regiones con un elevado gradiente de velocidad como es el caso del gas acelerado en el interior de las envolturas circunestelares. En nubes interestelares o circunestelares (en el exterior de la envoltura) donde no existe un elevado gradiente de velocidad, las distintas regiones estarán acopladas radiativamente entre sí. En estos casos la aproximación LVG sigue aportando buenos resultados en el tratamiento del transporte de radiación de líneas ópticamente transparentes ( $\tau \leq 1$ ). En el caso de líneas moleculares ópticamente opacas hay que recurrir a métodos de resolución del transporte de radiación no locales, aquellos que tengan en cuenta el acoplamiento radiativo entre distintas regiones de la nube (por ejemplo, los métodos Monte Carlo e Iteración Lambda).

# Capítulo 4

## La región de Orión

Este capítulo se centra en la descripción de la región de Orión. Por un lado, queremos dar al lector una referencia de hacia qué lugar debe mirar en el cielo para localizar la región de Orión KL que a nosotros nos resulta tan interesante. Por otro, iremos adentrándonos en este complejo, describiendo la zona a distintas escalas.

### 4.1 Introducción

La nube molecular gigante de Orión, a una distancia de unos 414 pc (Menten et al., 2007), es la región más cercana que presenta formación reciente de estrellas OB. Este complejo es el mejor laboratorio del que disponemos para el estudio de la formación estelar y la materia interestelar. Orión es estudiado en el amplio contexto de formación estelar en la vecindad del Sistema Solar en los últimos  $10^8$  años. A continuación vamos a presentar un estudio de la región de Orión basándonos en la revisión realizada por Bally (2008), el artículo de Zapata et al. (2011), la revisión de Genzel y Stutzki en 1989 y otras referencias que nos ayudarán a puntualizar diversos aspectos de la información que aquí plasmamos.

La Fig. 4.1 nos va adentrando en la región fruto de nuestro interés. El primer panel es una fotografía de la Vía Láctea con la constelación de Orión<sup>1</sup>, El Cazador, a uno de sus lados. En los paneles 2 y 3 vemos la forma de la constelación, fácilmente reconocible en el cielo; esta constelación incluye estrellas famosas, de la talla de *Betelgeuse* ( $\alpha$  Orionis), supergigante roja variable cuyo brillo fluctúa entre magnitud 0.5 y 1.3; *Rigel* ( $\beta$  Orionis), es un sistema estelar triple cuya componente principal es una supergigante azul muy luminosa. Con magnitud 0.12 es la estrella más brillante de la constelación; *Bellatrix* ( $\gamma$  Orionis), la tercera estrella más brillante de la constelación, con magnitud 1.64, es una gigante azul a 240 años/luz. Es conocida también como *Estrella Amazona*; *Mintaka* ( $\delta$  Orionis), compleja estrella múltiple a 915 años/luz. Junto a *Alnitak* (supergigante azul de magnitud 1.7 que ilumina la nebulosa NGC 1990) y *Alnilam* (sistema estelar triple de magnitud 1.89), forma el conocido *Cinturón de Orión*; también son conocidas como los “*Tres Reyes Magos*” o la “*Tres Marías*”. La *Espada de Orión* la forman las nebulosas M 42 y M 43, debajo del *Cinturón de Orión*. En el panel 4 vemos una imagen IR en negativo tomada con IRAS (InfraRed Astronomical Satellite). Podemos distinguir amplias regiones de gas y polvo, las dos subregiones Orión A y Orión B que describiremos más adelante. Los paneles 5 y 6 son una imagen y un esquema, respectivamente, de la llamada *Nebulosa de Orión*, M 42, visible a simple vista en el cielo y que tras ella se encuentra la región de Orión KL.

---

<sup>1</sup>En la mitología griega Orión fue un gigante que, según algunas versiones, nació de los orines de los dioses Zeus, Poseidón y Hermes. La leyenda de su nacimiento es como sigue: Un día los dioses visitaron a un anciano llamado Hirio que no podía tener hijos pero deseaba tener uno. En agradecimiento por su hospitalidad le concedieron su deseo y, para ello, orinaron en la piel del buey que se habían comido. Cuando finalizaron le dijeron que enterrara la piel y que dentro de nueve meses tendría a su hijo. Después del plazo mencionado nació un niño que fue llamado Orión en recuerdo de los orines que lo habían engendrado. Las leyendas sobre su vida, sus amores y sus odios son diversas. Varias de ellas acaban con su vida por medio de un escorpión. Para honrarlo y protegerlo de su enemigo, Orión se eleva en el cielo por el este mientras su enemigo, el Escorpión, se pone por el oeste. Orión y Escorpión jamás son visibles en el cielo en el mismo momento.

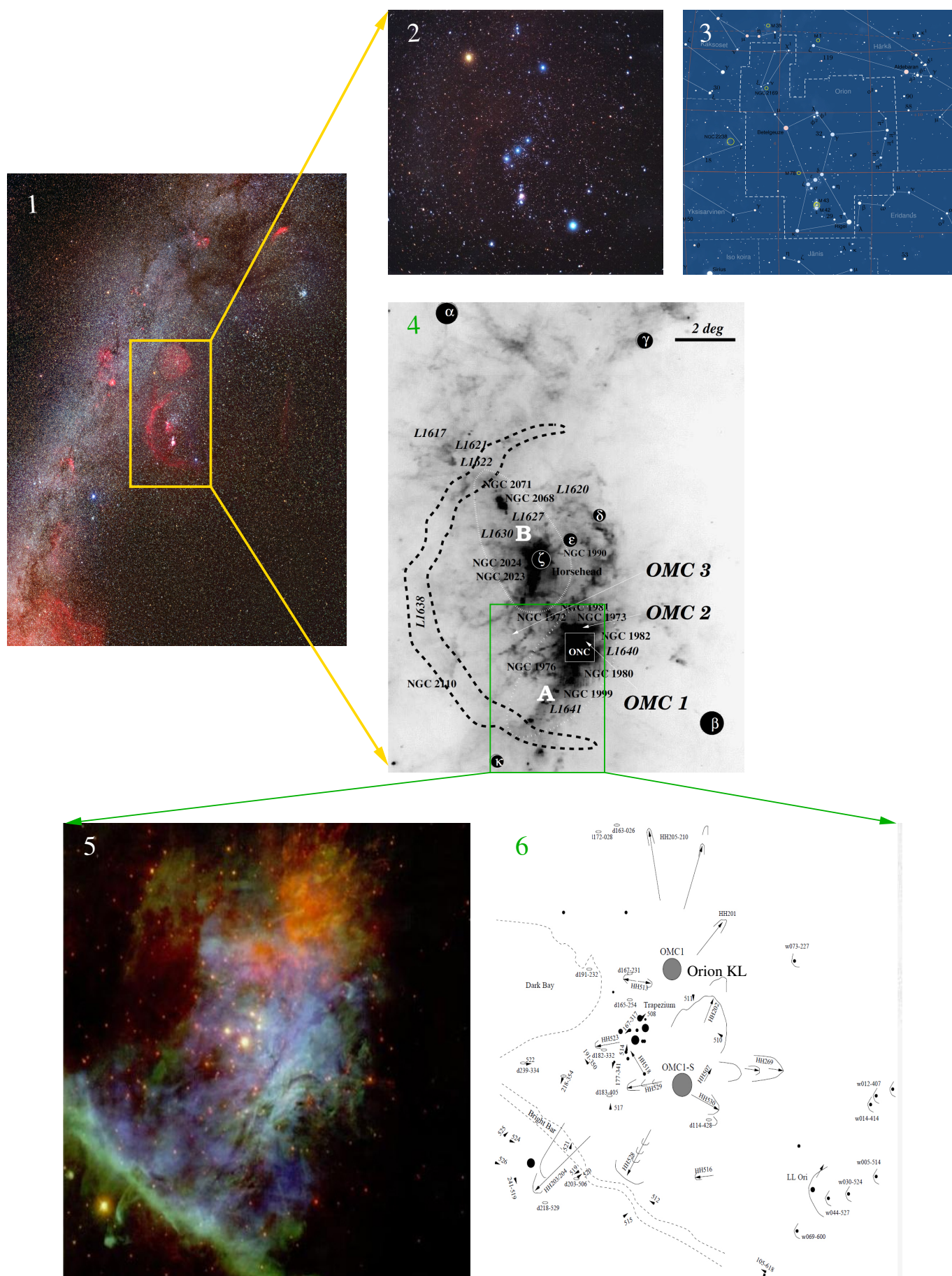


FIGURA 4.1: La región de Orión. Pie de figura en la siguiente página.

**Fig. 4.1. La región de Orión.** Los distintos paneles muestran la región de Orión a diferentes escalas y diferentes longitudes de onda. El panel 1 muestra una imagen en el óptico de la constelación de Orión y la Vía Láctea. Fuente: Wei-Hao Wang. La imagen 2 es una fotografía de la constelación de Orión tomada en enero de 2003 desde Vekol Ranch, al sur de Phoenix, Arizona, EE.UU. Fuente: <http://elsofista.blogspot.com/2008/10/orin-de-pelcula.html>. El panel 3 muestra un mapa de la constelación y sus alrededores. Fuente: <http://homeboyastronomy.com/2007/11/13/astronomy-tipstricks-how-to-find-orion-nebula-m42/>. El 4 es una imagen en negativo del complejo de formación estelar de Orión con IRAS; Con círculos negros y la letra griega que corresponde a su magnitud visual, se han marcado las principales estrellas de la constelación. Las letras en blanco A y B definen las subregiones principales de la nube molecular de Orión. OMC 1-3 muestra los tres principales complejos moleculares gigantes. Además, la mayoría de la subestructuras de la región están listadas. Fuente: *From Dust to Stars*. Norbert S. Shuulz. La imagen 5 es la nebulosa M 42 (Nebulosa de Orión), en una combinación de las imágenes del telescopio Subaru y el HST (IR+óptico). En rojo-naranja se ve la emisión de hidrógeno molecular indicando una erupción de material en la vecindad de una estrella masiva. Fuente: *The Birth of Stars and Planets*. Bally and Reipurth. El panel 6 es una figura adaptada de Bally et al. (2000) donde se señala la posición de la región de Orión KL; los autores señalan los objetos Herbig-Haro de la región.

## 4.2 Las estrellas en el complejo de Orión

En los últimos  $12 \times 10^6$  años Orión ha sido el lugar de nacimiento de al menos 10 millones de estrellas contenidas en 6 subgrupos con edades jóvenes. Algunos de los miembros más masivos murieron como explosión de supernova creando una burbuja de unos 300 pc de diámetro, cuya frontera más cercana al Sol está a tan sólo 180 pc. Los efectos combinados de radiación UV, vientos estelares y supernovas impactan en las nubes moleculares actuales de Orión.

La asociación de estrellas OB de Orión consiste en una secuencia de grupos estelares de diferentes edades que están parcialmente solapados a lo largo de la línea de visión (ver Fig. 4.2).

A pesar de que existen diferencias en la edad estimada de los distintos grupos, la mayoría de los autores coinciden en que el grupo más antiguo, Orión OB1a, está localizado al noroeste del *Cinturón de Orión*, y tiene una edad que oscila entre  $8-12 \times 10^6$  años (Blaauw, 1991; Brown et al., 1994). OB1b está centrado en el cinturón y se ha estimado su edad en el rango  $1.7-8 \times 10^6$  años. Sin embargo, este límite inferior de la edad es incompatible con la presencia de las tres estrellas supergigantes que forman el *Cinturón de Orión*, que al menos deben tener edades de  $5 \times 10^6$  años. Recientemente, se ha descubierto un subgrupo probablemente intermedio entre OB1a y OB1b, 25 Ori, cuyas estrellas rondan las edades entre  $7-10 \times 10^6$  años y están situadas en el extremo noroeste del *Cinturón de Orión* (Briceño et al. 2007). Aunque formalmente forman parte de OB1a, estas estrellas tienen una velocidad radial distinta, 10 veces menor a las estrellas que pertenecen al grupo OB1a. El subgrupo OB1c ( $2-6 \times 10^6$  años) lo forman las estrellas que se encuentran en la dirección de la *Espada de Orión*,  $4^\circ$  por debajo del *Cinturón de Orión* y justo enfrente de la nebulosa M 42 (la *Nebulosa de Orión*). Este subgrupo contiene los cúmulos NGC 1980 (en el extremo sur de la espada) y NGC 1981 (en el extremo norte). Las estrellas más antiguas de la *Espada de Orión* se ven superpuestas a las poblaciones de estrellas mucho más jóvenes que están asociadas con M 42, M 43, NGC 1977 y los complejos OMC 1, 2 y 3. Por lo tanto, es difícil separar estas dos poblaciones estelares y no está muy claro si los subgrupos 1c y 1d representan diferentes poblaciones o simplemente

grupos de estrellas más jóvenes y más antiguas que se formaron en la nube molecular de Orión A en tiempos diferentes. El grupo  $\lambda$ Ori (localizado en el vértice superior del triángulo formado entre Betelgeuse,  $\gamma$ Ori y  $\lambda$ Ori, ver Fig. 4.1, paneles 1, 2 y 3) pudo ser inducido por la burbuja creada por Ori OB1a. Este grupo tiene una edad similar a las estrellas de OB1b o a las más antiguas de OB1c.  $\gamma$ Ori y OB1c se encuentran a una misma distancia de OB1a. El *Cúmulo de la Nebulosa de Orión* (ONC, Orion Nebula Cluster) en la nube molecular de Orión A y NGC 2024 en la nube molecular de Orión B son los dos mayores cúmulos en el subgrupo más joven (OB1d) con edades menores de  $2 \times 10^6$  años. Además de estos grandes cúmulos, el subgrupo OB1d contiene una docena de cúmulos más pequeños y algunas estrellas aisladas. Aproximadamente, 2 000 de estas estrellas con edades menores de  $10^6$  años se concentran alrededor de las *estrellas del Trapecio* (localizadas en el centro de los paneles 5 y 6 de la Fig. 4.1).

Las edades y las localizaciones de los distintos subgrupos en Orión indican que la formación estelar se propagó a lo largo de la nube de una manera secuencial. Los subgrupos más antiguos se encuentran más cercanos a nosotros que los más jóvenes. Mientras que las distancias de los miembros más brillantes de los subgrupos 1a y 1b están en el rango entre 320-400 pc (Warren & Hesser 1977; Genzel et al. 1981), recientes medidas a través de interferómetros indican que la *Nebulosa de Orión* se encuentra a una distancia de  $437 \pm 19$  pc (Hirota et al. 2007),  $389 \pm 23$  pc (Sandstrom et al. 2007) ó  $414 \pm 7$  pc (Menten et al. 2007)<sup>2</sup>. La formación de estrellas masivas continua hoy en día en la densa nube molecular ( “*ridge*” *extenso*) justo detrás de la *Nebulosa de Orión*.

---

<sup>2</sup>En esta tesis hemos adoptado la medida de Menten et al. por ser la que mejor representa el valor medio de estas medidas.



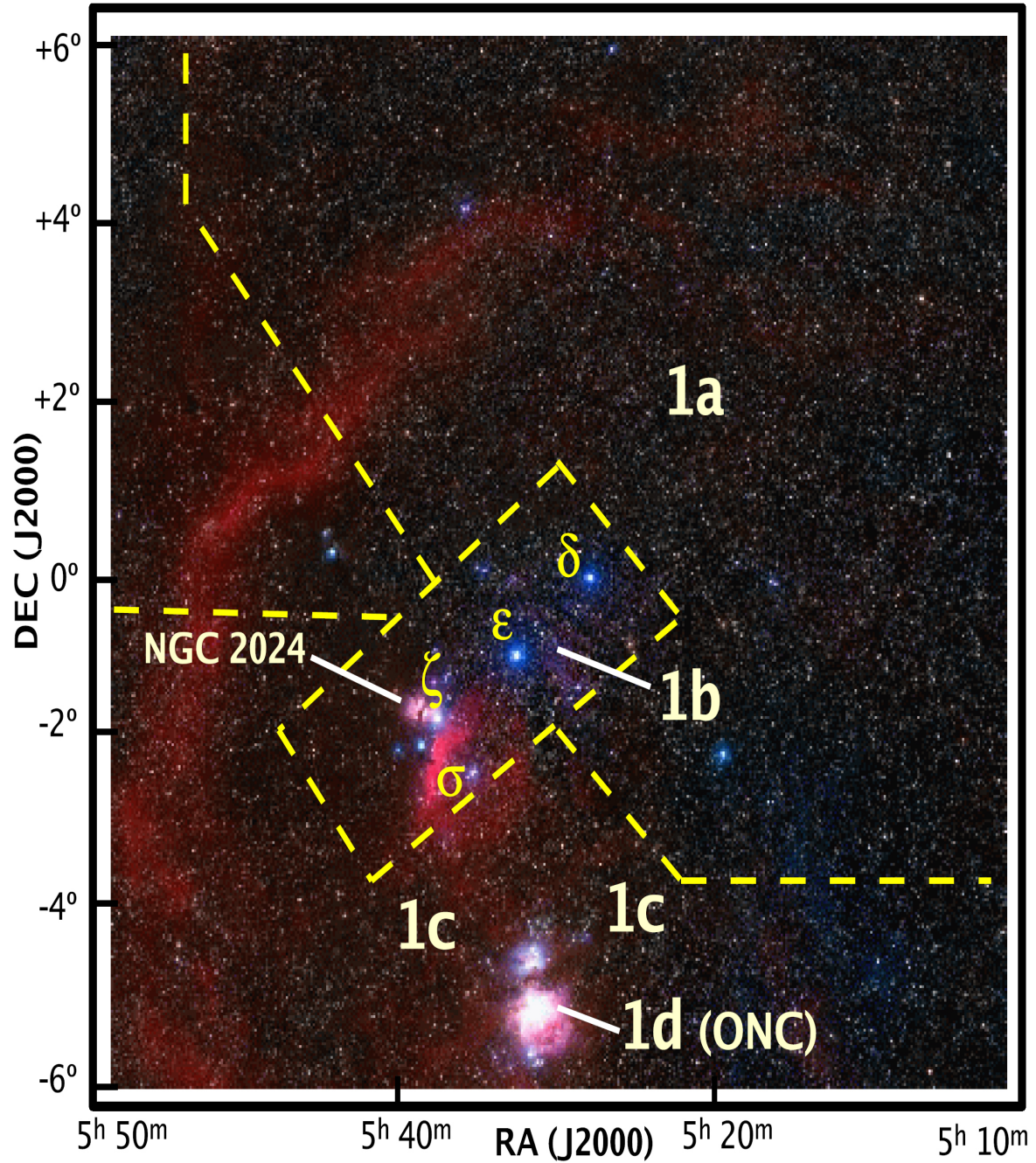


FIGURA 4.2: Imagen de amplio campo en el óptico que contiene la asociación OB1. Las tres estrellas del cinturón de Orión y  $\sigma$  Ori están indicadas. Las líneas discontinuas en amarillo delimitan cada sub-asociación (Warren & Hesser, 1977). La sub-asociación más antigua y extensa corresponde a la región Ori OB1a, en el área aproximadamente al noroeste del *Cinturón de Orión*. Ori OB1b es la sub-asociación alrededor de las estrellas del cinturón. OB1c se extiende a lo largo del área de la *Espada de Orión*, alrededor de la *Nebulosa de Orión*, mientras que OB1d corresponde esencialmente a ONC. Fuente: César Briceño, 2008, *The Dispersed Young Population in Orion*.



### 4.3 Estructura global de la nube

La Figura 4.3 nos muestra un esquema del complejo molecular de Orión a gran escala (Maddalena et al., 1986). El mapa está realizado mediante la observación de la línea rotacional  $J = 1 \rightarrow 0$  de CO. La figura muestra dos complejos moleculares que coinciden con las nubes oscuras (Lynds) que han sido detectadas en el área. El *complejo molecular norte (Orión B)* es una región de emisión muy extensa asociada con la nube oscura L 1630 (Lynds, 1962). Esta emisión se extiende sobre una región de aproximadamente  $4^\circ$  en la dirección norte-sur desde la nebulosa de *La Cabeza de Caballo*, NGC 2023 y NGC 2024 hasta las nebulosas de reflexión NGC 2068 y NGC 2071. Por otro lado, el *complejo molecular sur (Orión A)* (Kutner et al. 1977) es una región asociada con las nubes oscuras L 1640, L 1641 y L 1647, que se extiende  $6^\circ$  hacia el sur desde la *Nebulosa de Orión* (NGC 1976, M 42, Orión A) y es alargada y paralela al Plano Galáctico con  $-19.4^\circ$  de Latitud Galáctica. La emisión molecular de este complejo sur se subdivide en tres nubes de material neutro: OMC 1 situada detrás de la región HII M 42, OMC 2 relacionada con la región HII M 43 y OMC 3 situada, aproximadamente,  $16'$  al norte de OMC 2. Estas dos nubes están intrínsecamente conectadas por un puente de bajo nivel de emisión de CO. Orión A y Orión B cubren una región del cielo de, aproximadamente  $29$  y  $19$   $\text{grados}^2$  respectivamente, con masas de, aproximadamente,  $10^5 M_\odot$  cada una. Estas dos nubes se encuentran inmersas en una nube de gas (HI) de baja densidad cuya masa total es de  $\sim 7 \times 10^4 M_\odot$ . Situada, aproximadamente, a  $8^\circ$  al este del complejo de *Orión A* se encuentra la nube molecular *Monoceros R2*. Estas nubes se encuentran relacionadas aunque no existe una continuidad entre las respectivas velocidades de las nubes.

NGC 2149 forma parte de una compleja cadena de filamentos que se extiende  $20^\circ$  sobre el cielo y está inclinada  $50^\circ$  con respecto al Plano Galáctico. Esta cadena de filamentos conecta *Orión A* con el Plano Galáctico. Paralelamente, se encuentra el *filamento norte* que conecta *Orión B* con el Plano Galáctico.

Este trabajo está enmarcado en el núcleo de la región molecular OMC-1, a continuación comenzaremos describiendo esta región tomando como referencia las conocidas estrellas del trapecio de la *Nebulosa de Orión*. Describiremos la emisión en el IR y en radio de esta región; la emisión en el visible está totalmente cubierta por el polvo.

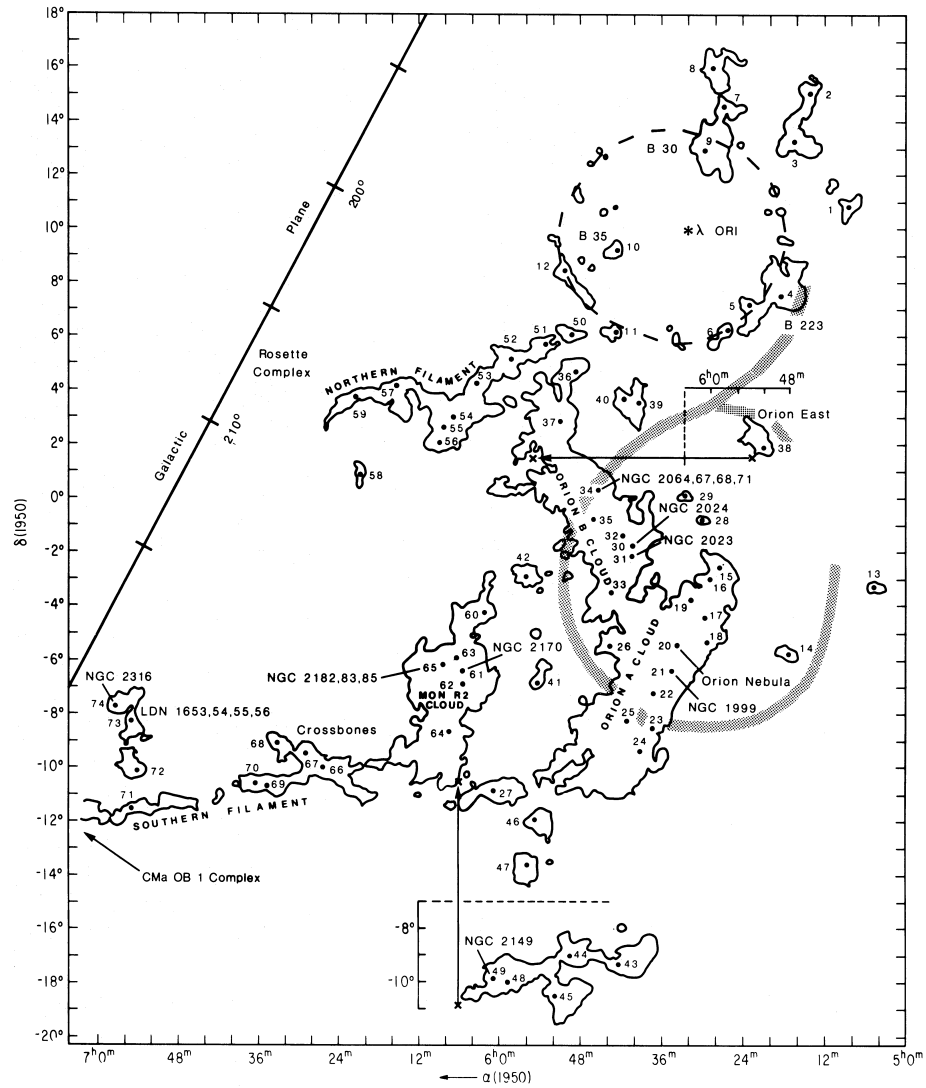


FIGURA 4.3: Distribución a gran escala de Orión. Se muestra la frontera del complejo molecular Orion-Monoceros a través de los mapas de CO de Maddalena et al. con la designación estándar de las nubes y las regiones individuales de formación estelar. Los puntos con números indican picos de emisión de CO.

## 4.4 El núcleo OMC-1. La Nebulosa KL

La *Nebulosa Kleinmann-Low*, también conocida como *Nebulosa KL* (Kleinmann & Low, 1967), se encuentra 1' al noroeste de la *Estrellas del Trapecio*, tiene un diámetro de 30'' y no absorbe luz de la nebulosa óptica M 42 por lo que debe de situarse detrás de la misma (ver paneles 5 y 6 de la Fig. 4.1).

Desde su descubrimiento, Orión KL ha sido objeto de multitud de estudios en todos los rangos de frecuencia disponibles. La motivación principal era la alta luminosidad infrarroja encontrada ( $\simeq 10^5 L_{\odot}$ ) que sugería un escenario de formación de estrellas masivas. El esquema de la región ha cambiado considerablemente a lo largo de todos estos años. En un principio, la fuente más luminosa en el IR (IRc2) se pensaba que era la precursora de la complejidad del medio, despidiendo hacia el exterior flujos bipolares y calentando la zona (ver, por ejemplo, Wynn-Williams et al., 1984 y Hough et al., 1986). Es por esto que tradicionalmente se ha apuntado hacia IRc2 para los estudios de esta región, incluyendo los barridos espectrales. Menten & Reid (1995), localizaron el centroide de la posición de los máseres de SiO en la fuente radiocontinua *I* e IRc2 dejó de ser la única fuente responsable de un escenario tan complejo. Observaciones de la emisión radio muestran que la fuente *I* es consistente con una estrella temprana tipo *B* (*B0-B1*) ionizando las partes interiores del disco (donde se localizan los máseres de SiO) (Zapata et al., 2011; Reid et al., 2007). Hoy en día, no se considera a IRc2 una fuente autoluminosa dominante (Okumura et al., 2011), siendo las fuentes *BN* (Becklin & Nuegebauer, 1967), *I* y *n* (fuente descubierta en el IR cercano por Lonsdale et al. 1982, con contrapartida en el IR medio y en radio, ver Shuping et al. 2004) las que albergan estrellas masivas y promueven la complejidad de la región.

La Figura 4.4, publicada por Zapata et al. (2011), nos muestra la región de OMC-1 a través de la combinación de varias observaciones, proponiendo un modelo que desvela globalmente el fenómeno de formación estelar en la región. Tres fuentes que contienen estrellas masivas muy jóvenes (*BN*, *I* y *n*) se desplazan en direcciones opuestas desde un punto común donde debían estar las tres localizadas hace 500 años. Esto sugiere que estas fuentes formaban parte, originalmente, de un sistema múltiple de estrellas masivas desintegrado recientemente como resultado de la interacción dinámica del sistema. (Rodríguez et al., 2005; Gómez et al., 2005). Según este modelo, la emisión de  $H_2$  (en blanco) y de CO (rojo y azul) nos indica cómo el gas fue acelerado por dicha explosión y explica la naturaleza del *flujo de alta velocidad* de Orión KL. A la vez, la ausencia de emisión tan prominente de este gas en el sur sugiere que el gas acelerado fue frenado por una zona de alta densidad de la nube ambiente ("*ridge*" *extenso*), la cual fue calentada en este proceso dando lugar a la formación del *núcleo caliente*<sup>3</sup>. De esta manera Zapata et al. (2011) relacionan la formación del *núcleo caliente* con el evento explosivo, diferenciándose el *núcleo caliente* de Orión KL con la mayoría de *núcleos calientes* en regiones de formación de estrellas masivas que albergan fuentes autoluminosas en su interior.

---

<sup>3</sup>Al igual que la estructura global de la *Nebulosa KL*, la naturaleza del *núcleo caliente* de Orión KL ha sido ampliamente discutida (ver por ejemplo, Blake et al., 1996; Kaufman et al., 1998; de Vicente et al., 2002; Zapata et al., 2011).

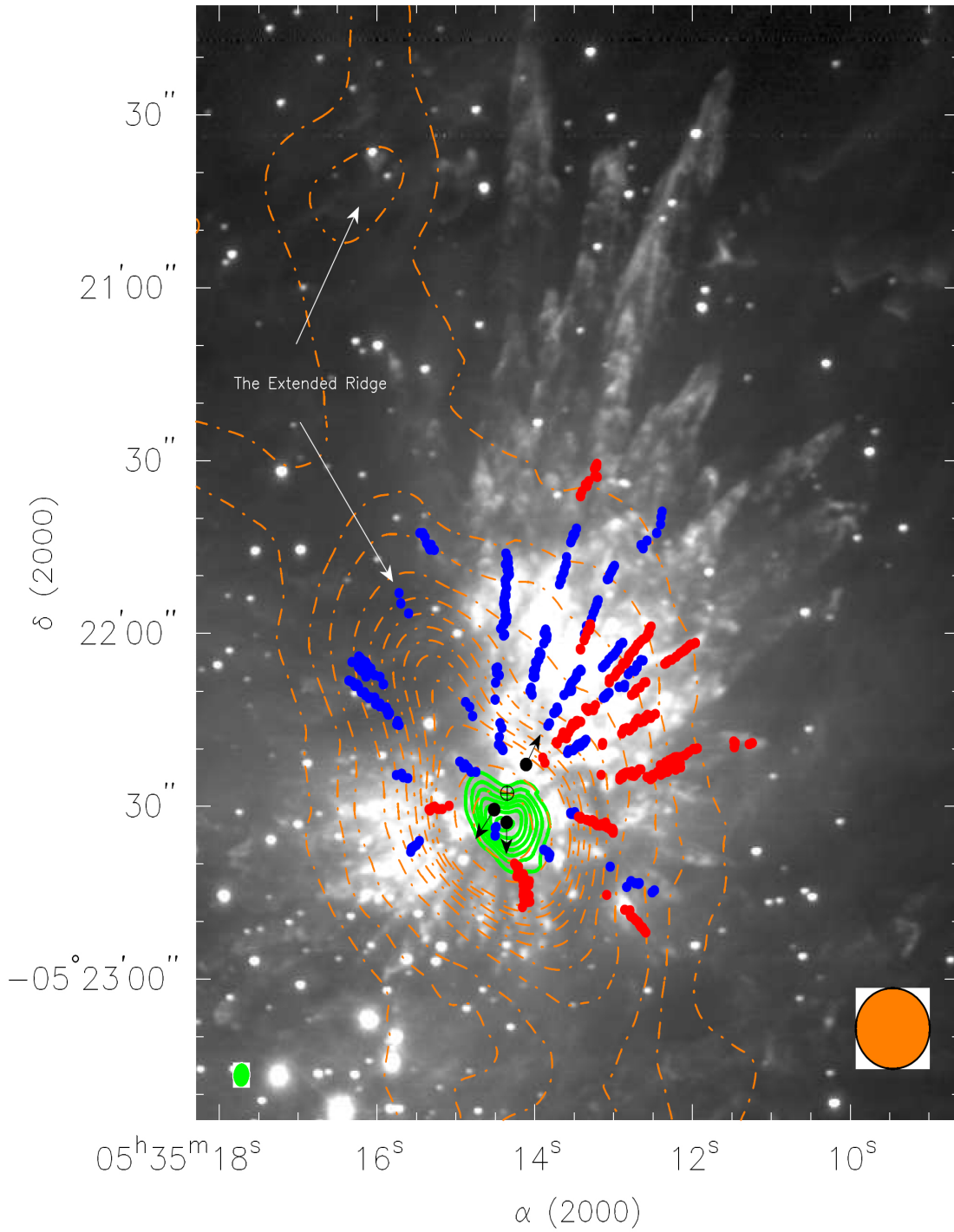


FIGURA 4.4: Imagen en  $H_2$  de la región de Orión KL (Bally et al. 2011); superpuesto se muestra un mapa con el SMA (SubMillimeter Array) de  $CH_3CN$  ( $12_3-11_3$ ) (contornos en verde), la posición de los “fingers” de  $CO$  ( $2-1$ ) desplazados al rojo y al azul (Zapata et al. 2009) y un mapa de SCUBA (Submillimetre Common-User Bolometer Array) a  $850\ \mu m$  de Johnstone & Bally (1999) (contornos discontinuos en naranja). Los círculos negros con vectores marcan la posición y la orientación de los movimientos propios de las fuentes radio e infrarrojas  $BN$  (al noroeste),  $I$  (sureste) y  $n$  (sur) (Rodríguez et al., 2005; Gómez et al., 2005). El círculo con la cruz representa la zona desde donde las tres fuentes fueron eyectadas hace 500 años y el origen del flujo a gran escala de Orión KL. El tamaño del haz del telescopio de las observaciones con el SMA y las de SCUBA se muestran en la parte inferior izquierda y derecha, respectivamente.

Las diferentes componentes del gas neutro en el núcleo de OMC-1 se distinguen por los diferentes valores de la velocidad radial y de la anchura de las líneas espectrales, además de por ocupar una zona concreta dentro de la región. Con este criterio se distinguen las componentes de “*ridge*” *extenso* o la nube ambiente, el “*ridge*” *compacto*, el “*plateau*” y el “*hot core*” o *núcleo de condensación caliente*. Son innumerables las referencias que existen sobre estas componentes y las interpretaciones que de ellas se han dado. A pesar del interés de la evolución en la comprensión de estas regiones, me centraré en trabajos recientes para explicar la naturaleza de cada una de ellas.

- **El “ridge” extenso o la nube ambiente**

Los parámetros típicos de esta región son una temperatura de 60 K y una densidad de unos  $10^5 \text{ cm}^{-3}$ . Se caracteriza por la emisión estrecha de las líneas espectrales ( $\Delta v \sim 4\text{--}5 \text{ km s}^{-1}$ ) con una extensión espacial que recorre de norte a sur la *Nebulosa KL* (ver Fig. 4.4, contornos naranjas). Las velocidades radiales están comprendidas entre  $8 \text{ km s}^{-1}$ , en el suroeste y  $10 \text{ km s}^{-1}$  en el noreste y se observa en gran variedad de moléculas (HCN,  $\text{HCO}^+$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$ , SO, CS y  $\text{H}_2\text{O}$ ). Para esta componente no ha existido polémica sobre su naturaleza, se trata de la nube ambiente que contiene en su interior los fenómenos de formación estelar. A pequeña escala Hasegawa et al. (1984), a partir de observaciones de CS, propusieron que la diferencia en las velocidades es debido a la rotación diferencial y colapso de un disco molecular. Vogel et al. (1985) llegan a la misma conclusión con observaciones interferométricas de HCN de alta resolución angular. La velocidad de el “*ridge*” parece diverger en las cercanías de IRc2 (muy cercano a la fuente *I*) por ambos lados, lo que es consistente con la rotación kepleriana alrededor de un objeto central. Ho & Barret (1978) interpretaron este salto en la velocidad, a partir de observaciones de  $\text{NH}_3$ , como la colisión de dos nubes moleculares. Este esquema es confirmado por Bastien et al. (1981) mediante observaciones de  $\text{H}_2\text{CO}$ , Padman et al. (1985) mediante observaciones de CS y Womack et al. (1993) con  $\text{NNH}^+$ . La extensión de esta región es de unos  $8'$  (en la emisión de  $\text{NH}_3$ , CO,  $\text{H}_2\text{CO}$ , etc.) Químicamente la región se caracteriza por una fase gaseosa estándar, química ión-molécula (Herbst & Klemperer, 1973), con abundancia de especies ricas en carbono (CS, CN, CCH) y carencia de moléculas ricas en oxígeno (Harwit, 1982).

- **El “ridge” compacto**

Johansson et al. (1984) observaron una componente compacta del “*ridge*” *extenso* de gas quiescente conocida como “*compact ridge*”, “*ridge*” *compacto*. La emisión se detecta en moléculas trazadoras de temperaturas cinéticas altas como  $\text{CH}_3\text{CN}$  (Andersson, 1985) y  $\text{CH}_3\text{OH}$  (Menten et al., 1986) con las que se han calculado temperaturas de  $\sim 150 \text{ K}$ , siendo la región de Orión KL donde se encuentra el pico de emisión de moléculas saturadas oxigenadas (por ejemplo,  $\text{HCOOCH}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Esta región se localiza en una posición situada, aproximadamente,  $20''$  al sur de *BN* y con una extensión menor de  $40''$ . La velocidad radial de esta componente compacta es de  $7\text{--}8 \text{ km s}^{-1}$ , mientras la anchura de la línea es de unos  $3 \text{ km s}^{-1}$ . La Fig. 4.5, publicada en Favre et al. (2011), muestra la emisión integrada de distintas transiciones de la molécula de  $\text{HCOOCH}_3$  en la región (contornos negros) combinada con la emisión de  $\text{SiO } J = 2 \rightarrow 1 \text{ } v = 0$  (contornos rojos

en el panel de la izquierda). El mayor pico de emisión de la molécula de formiato de metilo ( $\text{HCOOCH}_3$ ) corresponde con la componente del “*ridge*” compacto (pico al sur de la estructura en forma de V, el pico que se encuentra al este de esta estructura corresponde con la componente del *núcleo caliente*). En la figura se aprecia cómo la emisión de SiO (trazador del flujo molecular o “*plateau*”) rellena la región donde hay ausencia de emisión de  $\text{HCOOCH}_3$ . Esto apunta a que la componente del “*ridge*” compacto pueda haber sido generada por los choques de este flujo proveniente de la fuente *I* con la nube ambiente. Para Favre et al. (2011) el enriquecimiento de moléculas como  $\text{HCOOCH}_3$  en esta zona puede deberse a que este flujo produjese granos de polvo congelados ricos en metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) dando lugar, posteriormente, y ya en la fase gaseosa, a la producción de formiato de metilo o bien, que este flujo beneficiara la formación de formiato de metilo en los propios granos de polvo. Como referencia para el lector mostramos en esta misma figura (panel derecho) la misma emisión de  $\text{HCOOCH}_3$  y marcadas las posiciones de la fuente *I*, *BN* y *n*, además de multitud de fuentes IR detectadas en Shuping et al. (2004).

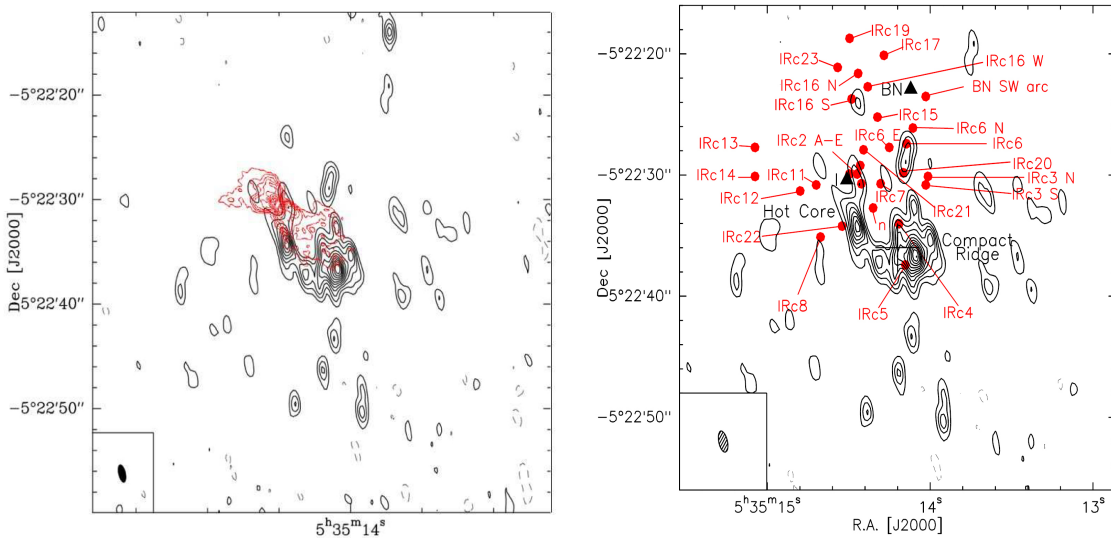


FIGURA 4.5: El panel izquierdo muestra la emisión integrada de varias transiciones de la molécula de formiato de metilo ( $\text{HCOOCH}_3$ ) (contornos negros) junto con la emisión de la transición  $J = 2 \rightarrow 1$   $v = 0$  de SiO (contornos rojos) de Plambeck et al. (2009). El panel derecho muestra esta misma emisión de  $\text{HCOOCH}_3$  con las posiciones marcadas con un triángulo de *BN* y de *I*. En rojo se muestran las fuentes IR detectadas en Shuping et al. (2004).

#### • El núcleo de condensación caliente

Las características de las líneas espectrales en esta región es de una velocidad radial de  $v_{LSR} \sim 4\text{--}6 \text{ km s}^{-1}$  y anchura de línea de  $\Delta v \sim 10\text{--}15 \text{ km s}^{-1}$ . Esta región tiene una extensión de unos  $10''$  centrada  $2''$  al sur de IRc2. Contiene una masa total de gas de  $10 M_{\odot}$  ó mayor. En el rango milimétrico, submilimétrico e IR lejano, las transiciones de las moléculas más abundantes se caracterizan por grandes profundidades ópticas. Las estimaciones de la densidad de  $\text{H}_2$  están en el rango de  $10^7$  y  $10^8 \text{ cm}^{-3}$ . La temperatura del polvo es de unos 150 K y la temperatura cinética del gas ronda alrededor de 200 K. Las temperaturas de excitación de las líneas moleculares está en el rango de 120 a 350 K, lo que refleja variaciones físicas en la temperatura del gas. Observaciones de  $\text{NH}_3$  con el VLA, Very Large Array, (Genzel et al., 1982; Pauls et al., 1983; Hermesen et al., 1988) muestran

cómo esta región parece consistir en un conjunto turbulento de condensaciones con tamaños del orden de  $1''$  o más pequeñas no asociadas con los picos de emisión IR. El centroide de la velocidad de estas condensaciones es idéntico al centroide de la velocidad de los máseres de SiO. La química en el núcleo caliente se caracteriza por una inusual abundancia de moléculas saturadas de hidrógeno y moléculas nitrogenadas como  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . Una buena interpretación para esta química es que, de manera análoga que en los cometas, la fase gaseosa está enriquecida por especies hidrogenadas resultantes de la evaporación de capas en los granos de polvo que son calentados por la formación estelar reciente que se da en los alrededores (Sweitzer, 1978; Tielens & Hollenbach, 1985; Blake et al., 1987; Walmsley et al., 1987; Brown et al., 1988). Una cuestión interesante es que para varias moléculas la relación entre las abundancias relativas de deuterio frente a hidrógeno es, al menos, dos órdenes de magnitud mayores que la razón D/H del medio interestelar (ver por ejemplo, Plambeck & Wright, 1987; Walmsley et al., 1987). Una alta abundancia de especies deuteradas se interpreta como una señal de la fragmentación química en el gas frío y no es fácilmente comprensible en un medio de alta temperatura como el *núcleo caliente* en el marco de una química en equilibrio. Walmsley et al. (1987), Brown et al. (1988) y Plambeck & Wright (1987) proponen que el núcleo caliente ha sido calentado recientemente ( $t \leq 10^4$  años) con lo que todavía refleja la composición inicial de los granos.

Ya hemos dado más arriba la interpretación de Zapata et al. (2011) sobre esta componente: el gas acelerado por una explosión ocurrida hace unos 500 años en el seno de varios objetos estelares en formación choca contra una región densa del “*ridge*” *extenso* calentándolo y dando lugar a la formación del *núcleo caliente* que hoy observamos. Otra cuestión interesante es la relación entre el *núcleo caliente* y el “*ridge*” *compacto*. Ambas regiones parecen físicamente similares pero con una química muy variada, fruto, probablemente de las condiciones iniciales del polvo en cada región.

#### • El “plateau”

Es una emisión muy ancha ( $\Delta v = 30\text{--}100 \text{ km s}^{-1}$ ) cuya extensión espacial es de aproximadamente  $1'$  de diámetro centrado en la *Nebulosa KL*. En esta componente podemos distinguir: el flujo de baja velocidad (“*low velocity outflow*”) y el flujo de alta velocidad (“*high velocity outflow*”). Los primeros que discutieron la emisión de esta componente anormalmente ancha fueron Zuckerman & Palmer (1975) para los que el “*plateau*” es una emisión procedente de una región situada cerca de la *Nebulosa KL* y el objeto *BN*. Zuckerman et al. (1976) y Kwan & Scoville (1976) fueron los primeros en realizar observaciones de esta componente en la transición  $J = 1 \rightarrow 0$  de CO. Mientras que Zuckerman et al. relacionaron esta emisión con un objeto joven, en un estado evolutivo anterior a la secuencia principal y en fase de pérdida de masa, los segundos interpretaron la anchura de las líneas como la expansión de una envoltura producida, probablemente por un evento explosivo.

El flujo de baja velocidad tiene una dispersión máxima de velocidad de  $\Delta v \sim 35 \text{ km s}^{-1}$  y es fácilmente identificable con los máseres de SiO, OH y los máseres de baja velocidad de  $\text{H}_2\text{O}$ , así como en las transiciones rotacionales de moléculas como SiO, HCN,  $\text{SO}_2$  y SO. El flujo se extiende del noreste al suroeste, más o menos a lo largo del “*ridge*” *extenso* (ver Fig. 4.5, contornos en rojo). Los dos máximos de las emisiones de los máseres de SiO y

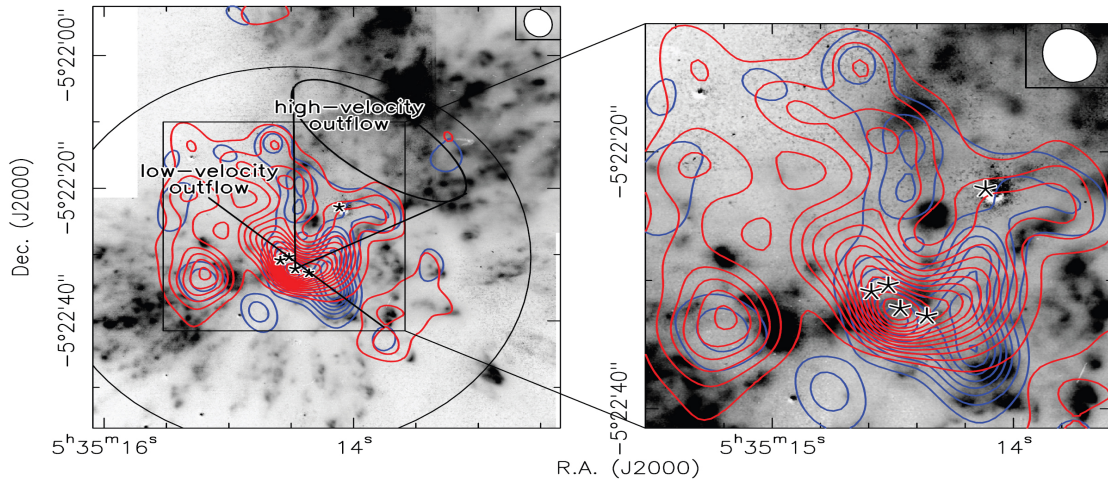


FIGURA 4.6: Interpretación del origen de los flujos de Orión KL de Beuther & Nissen (2008). Composición de la imagen de la emisión de  $\text{H}_2$  en escala de grises (Nissen et al., 2007), con la emisión de  $\text{C}^{18}\text{O } 2 \rightarrow 1$  desplazada al rojo y al azul (contornos). Las estrellas marcan las posiciones de 5 intensas fuentes en el continuo: *BN* al noroeste, la fuente *I* a la derecha de la línea que marca la dirección del flujo de baja velocidad, el núcleo caliente contiguo a la fuente *I*, la fuente *SMA1* como vértice del cono que delimita el flujo de alta velocidad y la fuente *n* al suroeste de *SMA1*. El haz del telescopio se muestra en la esquina superior derecha de cada panel.

$\text{H}_2\text{O}$  sugieren un flujo simétricamente esférico en donde la emisión máser más intensa se localiza en las caras anterior y posterior de una envoltura o concha en expansión (Genzel & Downes, 1983). El gas probablemente se encuentre en forma de condensaciones, pues las fuertes líneas de emisión de las transiciones moleculares observadas requieren altas densidades para la excitación (Stutzki et al., 1988). Existe un importante cambio en el centroide de la velocidad de la línea alrededor de la fuente que expulsa el flujo, la fuente *I*, desde  $5 \text{ km s}^{-1}$  en la emisión procedente de los máseres de  $\text{SiO}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  situados a una distancia  $\leq 1''$  de *I* y la emisión térmica de  $\text{SiO}$ , hasta  $9 \text{ km s}^{-1}$  para los máseres de  $\text{OH}$  y  $\text{H}_2\text{O}$  de baja velocidad situados a una distancia superior de  $5''$  de *I*. En esta última parte existe una mayor abundancia de moléculas sulfuradas ( $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_2$ ) con respecto al entorno circunestelar. Estas evidencias fueron las que llevaron a tomar un modelo de la región según el cual un viento procedente de *I* se sumerge en una condensación molecular (*“ridge” extenso*) situado a una distancia de  $R = 10^{17} \text{ cm}$ . En la interfase y debido a las ondas de choque se producen los máseres de  $\text{H}_2\text{O}$  de baja velocidad. Los últimos estudios interferométricos sobre el origen de este flujo coinciden en señalar a la fuente *I* como su responsable (Beuther & Nissen, 2008; Plambeck et al., 2009). Para esta componente del *“plateau”* el rango de temperaturas rotacionales se encuentra entre 60 y 250 K. El tamaño estimado de la región varía entre  $10''$  y  $30''$  y la densidad de partículas se encuentra entre  $10^6$  y  $10^7 \text{ cm}^{-3}$ .

La componente de alta velocidad no posee un rango de velocidades tan bien definido ( $\Delta v \leq 250 \text{ km s}^{-1}$ ) y se extiende en la dirección noroeste-sureste, siendo esta dirección aproximadamente perpendicular a la dirección del flujo de baja velocidad. Este flujo de alta velocidad ha sido estudiado en mucho detalle en transiciones rotacionales de  $\text{CO}$  (Beuther & Nissen, 2008; Erickson et al., 1982; Hasegawa, 1986; Knapp et al., 1981; Kuiper et al., 1981; Kwan & Scoville, 1976; Marcelino et al., 2011; Masson et al., 1987; Olofsson et al., 1982; Snell et al., 1984; Wilson et al., 1986; Zapata et al., 2009). Tiene



una estructura bipolar débil (Erickson et al., 1982), similar a los encontrados en muchas otras regiones de formación estelar (Bally & Lada, 1983). Como en el caso del flujo de baja velocidad, la molécula de SiO traza el gas de alta velocidad más cercano al centro, a muy poca distancia de IRc2 (Wright et al., 1983). El centroide de la emisión de CO de alta velocidad se encuentra al norte de IRc2, lo que se puede explicar a través del evento explosivo explicado más arriba y dificulta la posibilidad de que dicho flujo sea eyectado por la estrella masiva contenida en la fuente *I* (muy cercana a IRc2) y precursora del *flujo de baja velocidad*. Beuther & Nissen (2008) consideran que la fuente SMA1 (fuente submilimétrica situada entre la fuente *I* y la fuente *n* predicha en el 2002 por de Vicente et al. y observada en el 2004 por Beuther et al.) es la precursora de este flujo de alta velocidad interpretando las observaciones combinadas del SMA y del telescopio de 30 m de IRAM de la transición  $2 \rightarrow 1$  de  $C^{18}O$  (Fig. 4.6). Por otro lado, Plambeck et al. (2009), mediante observaciones con CARMA, consideraron el *flujo de alta velocidad* como parte del mismo *flujo de baja velocidad* cuya dirección pudo variar en escalas de tiempo de cientos de años. En el 2009, Zapata et al., con observaciones del SMA de  $H_2$  y de CO, concluyeron que este flujo fue causado por el evento explosivo que ya hemos mencionado (Fig. 4.4).

En el estudio de las líneas espectrales de nuestro barrido espectral distinguiremos estas cuatro componentes que hemos descrito. El análisis de nuestros datos aportará nuevos límites en las propiedades físicas de estas regiones y en las abundancias de las especies moleculares presentes.

## Capítulo 5

# Barridos espectrales sobre Orión KL publicados

Las regiones de formación de estrellas masivas como Orión KL y Sgr B2, han sido las primeras en las que se han realizado barridos espectrales de manera sistemática. Como ya hemos avanzado, estas regiones poseen unas líneas moleculares muy intensas y son de gran interés físico por los procesos que se realizan en su interior. En los espectros de estos objetos es donde se encuentra una mayor densidad de líneas y, además, su propia naturaleza hace que estas regiones no sean uniformes (los procesos de formación de estrellas masivas transforman por completo el entorno dando una gran complejidad a la zona, con grandes variaciones de densidad, temperatura, química...); estos motivos hacen que un barrido espectral en estas zonas sea particularmente atractivo.

### 5.1 Barridos sobre Orión KL

La química de la nube molecular Orión KL, a una distancia de sólo unos  $\simeq 414$  pc (Menten et al., 2007), ha sido mejor estudiada que cualquier otra región de formación de estrellas masivas; barridos espectroscópicos de alta resolución espectral han sido realizados por gran número de autores y se ha cubierto un amplísimo rango de frecuencias: 42.3-43.6 GHz Goddi et al. (2009), 72-91 GHz Johansson et al. (1984), 70-115 GHz Turner (1991), 138-151 GHz Lee et al. (2001), 150-160 GHz Ziurys & McGonagle (1993), 159.7-164.7 GHz Lee & Cho (2002), 215-247 GHz Sutton et al. (1985), 216-242 GHz Blake et al. (1986), 247-263 GHz Blake et al. (1987), 257-273 GHz Greaves & White (1991), 200.7-202.3, 203.7-205.3 y 330-360 GHz Jewell et al. (1989), 325-360 GHz Schilke et al. (1997), 342-359 GHz White et al. (1986), 334-343 GHz Sutton et al. (1995), 455-507 GHz White et al. (2003), 486-492 y 541-577 Olofsson et al. (2007) y Persson et al. (2007), 607-725 GHz Schilke et al. (2001), 795-903 GHz Comito et al. (2005), 190-900 GHz Serabyn & Weisstein (1995) (este último con baja resolución espectral) y 44-188  $\mu\text{m}$  Lerate et al. (2006).

Johansson et al. (1984) realizaron un barrido espectral entre 72.2 y 91.1 GHz sobre Orión A e IRC+10216 (una estrella evolucionada a gigante roja) con el radiotelescopio de 20 m del Onsala Space Observatory. La toma de datos comenzó en 1979 y finalizó en 1982. Se detectaron unas 170 líneas de 24 moléculas interestelares conocidas para Orión y 45 líneas de 12 especies para IRC+10216. En Orión encontraron unas 19 líneas sin identificar, con lo que concluyeron que los constituyentes químicos dominantes de la nube eran conocidos. Según se ha avanzado en la tecnología de los radiotelescopios y en toda su electrónica asociada, en los sucesivos barridos espectrales, se observa una clara tendencia a un mayor número de líneas sin identificar. El espectro de la estrella era mucho menos denso en líneas que el de la nube molecular, lo que no implica necesariamente una química más pobre en estos objetos, es el reflejo de bajas abundancias y unas condiciones de excitación menos efectivas en la envoltura. El barrido espectral de Orión KL se caracteriza por la posibilidad de distinguir distintas zonas en la nube molecular por los diferentes perfiles de las líneas y sus diferentes valores en la velocidad radial. Esto permite tener una visión más física del objeto que estudiamos y podemos seleccionar

qué especies se encuentran en una u otra región. De la comparación entre el barrido espectral sobre la nube molecular y la estrella evolucionada se deduce que las especies que llevan un grupo metilo ( $\text{CH}_3-$ ) son, en principio, menos favorables en el medio de la estrella y la química de la estrella parece dominada por moléculas lineales de cadenas de carbono insaturadas.

Johansson et al. distinguieron tres regiones en la nube *Orión A* en la región central *BN/KL*, siendo ellos los primeros que definieron la componente del “*ridge*” compacto. Enumeraron las siguientes características asociadas a estas regiones<sup>1</sup>:

- La característica estrecha de la nube ambiente “*ridge*” extenso, con  $v_{LSR} \sim 9 \text{ km s}^{-1}$ ,  $\Delta v \leq 5 \text{ km s}^{-1}$  se extiende de norte a sur. Las velocidades varían de  $8 \text{ km s}^{-1}$  en el suroeste a  $10 \text{ km s}^{-1}$  en el noreste, esto ha sido observado en las moléculas HCN,  $\text{HCO}^+$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$  (también por autores anteriores Rydbeck et al. 1981 y Goldsmith et al. 1982) y  $\text{H}_2\text{CO}$  (Bastien et al. 1981). Para moléculas más complejas,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{O}$  y  $\text{CH}_3(\text{O})\text{COH}$ , la emisión aparece a  $8 \text{ km s}^{-1}$  con  $\Delta v \leq 3 \text{ km s}^{-1}$  en una región cercana de KL (“*ridge*” compacto).
- El “*plateau*”: gas de alta excitación, ancha velocidad, emisión IR de  $\text{H}_2$  y emisión de altos niveles de CO (por encima de  $J = 30$ ) se ha detectado sobre una extensión  $\geq 1'$  alineada SE-NW, aproximadamente centrado en BN/KL. Se sugiere que este gas surge de la emisión de un flujo bipolar que emana de dentro de la nube. Las moléculas de SO,  $\text{SO}_2$  y SiO son cien veces más abundantes en el “*plateau*” con respecto al “*ridge*” y HCN y HDO son diez veces más abundantes; estas moléculas son propias de la química de choques.
- El núcleo de condensación caliente (“*hot core*”) es una región pequeña y densa (de unos  $200 \text{ K}$  y  $10^8\text{--}10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ), donde se observa especies que requieren alta excitación: HNC,  $\text{CH}_2\text{CHCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$  y  $\text{HC}_3\text{N}$ , esta última también en estados vibracionalmente excitados.

Para ilustrar estas regiones se muestra en la Fig. 5.1 la emisión del polvo a  $3 \text{ mm}$  (Wright et al., 1996). Las letras C y D muestran el lugar donde se extiende el núcleo de condensación caliente; toda la emisión del polvo cubre la extensión de la nube ambiente; las posiciones H e I corresponde con la zona donde se encuentra el “*ridge*” compacto; en las zonas B, E y F hay evidencias de las características del “*plateau*”.

El barrido milimétrico OVRO 1 (Owens Valley Radio Observatory) de Orión KL por Sutton et al. (1985) —entre  $215$  y  $247 \text{ GHz}$ — y Blake et al. (1986, 1987) —entre  $247$  y  $263 \text{ GHz}$ — tuvo un gran impacto, no sólo por la calidad de los datos, sino también por el detallado análisis físico y químico. Se distinguieron las distintas componentes (Figura 5.2) en una región de  $30''$ : “*ridge*” extenso ( $v_{LSR} \sim 9 \text{ km s}^{-1}$ ,  $\Delta v \leq 5 \text{ km s}^{-1}$ ), “*plateau*”, gas más turbulento y compacto ( $v_{LSR} \sim 7\text{--}8 \text{ km s}^{-1}$ ,  $\Delta v \geq 25 \text{ km s}^{-1}$ ) y el núcleo caliente ( $v_{LSR} \sim 3\text{--}5 \text{ km s}^{-1}$ ,  $\Delta v \leq 10\text{--}15 \text{ km s}^{-1}$ ), fuentes que ya habían sido descritas por autores anteriores (Zuckerman & Palmer, 1975; Morris et al., 1980; Genzel et al., 1982; Johansson et al., 1984).

La composición química de componentes individuales pudo ser determinada y se encontró que variaba considerablemente: la nube ambiente contenía sólo moléculas simples, mientras que el gas en expansión era rico en SO y  $\text{SO}_2$ ; el núcleo caliente contenía moléculas orgánicas complejas saturadas como  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{CN}$ . Blake et al. nos mostraron un

<sup>1</sup>A pesar de que en el capítulo anterior han sido explicadas estas componentes, aquí describiremos cómo se ven a través de los estudios de los barridos espectrales.

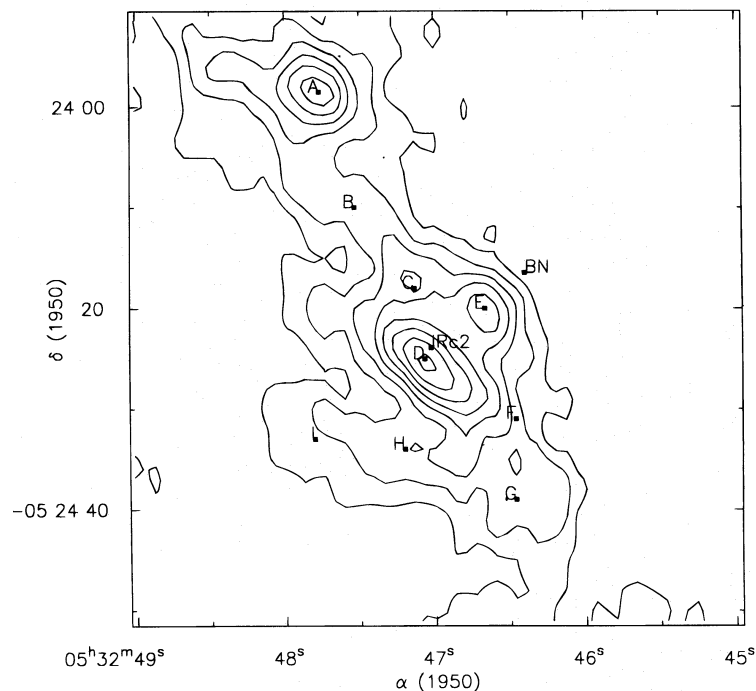


FIGURA 5.1: Imagen de la emisión de polvo a 3 mm de Orión KL. Wright et al. (1996)

escenario en el que la complejidad del espectro es causada por la interacción de una estrella masiva joven con su entorno a través de choques, vientos, fotones ultravioleta... Se supuso que las variaciones químicas fueran debidas a la variación de la relación de las abundancias de C/O en el gas, fenómeno que debía estar relacionado con el “congelamiento” de las moléculas del gas durante la fase fría de colapso y la subsecuente evaporación de los hielos. En la Tabla 5.1 se muestra cada componente con las velocidades características de sus líneas, temperatura, densidad, extensión, densidad de columna de  $H_2$  y moléculas características de cada región que concluyeron en estos trabajos. En las Figs. 5.3 y 5.4 vemos una comparativa de las abundancias en las distintas regiones de Orión KL.

A pesar de que los detalles han ido cambiando, los aspectos generales de este escenario siguen siendo válidos.

El número de líneas sin identificar fue de 43 líneas, insisto en este aspecto por la importancia que tienen estas no identificaciones a la hora predecir nuevas especies en el medio interestelar y como un indicador de que la química en estos objetos no está todavía resuelta.

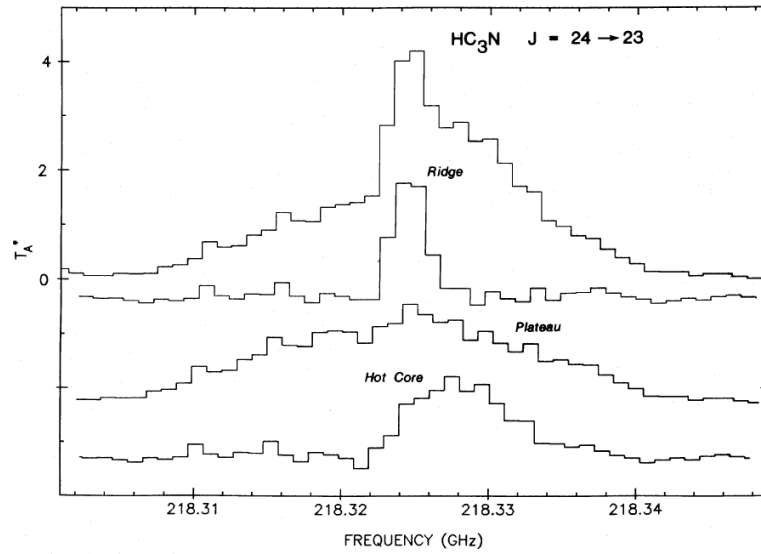


FIGURA 5.2: Análisis gaussiano de la línea  $J = 24-23$  de  $\text{HC}_3\text{N}$  donde se distinguen las distintas componentes cinemáticas de la nube de Orión KL. Blake et al. (1987)

TABLA 5.1: COMPONENTES DE ORIÓN KL

Fuente	$v_{LSR}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$\Delta v$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$T_{rot}$ (K)	$n$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$\theta_{fuente}$	$N(\text{H}_2)$ $\text{cm}^{-2}$	Moléculas detectadas
"RIDGE" EXTENSO	9	4	55-60	$\sim 10^5$	extensa	$3 \times 10^{23}$	CN, CO, CS, NO, SO, CCH, C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> CCH, HCO <sup>+</sup> , HCS <sup>+</sup> , HCN, HNC, HC <sub>3</sub> N
"RIDGE" COMPACTO	7-8	3-5	80-140	$\geq 10^6$	$\leq 30''$	...	PN(?), OCS, HDO, H <sub>2</sub> CO, H <sub>2</sub> CS, HCOOH, CH <sub>3</sub> CHO(?), CH <sub>3</sub> CN, H <sub>2</sub> CCO, CH <sub>3</sub> OH, CH <sub>3</sub> (O)COH, CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
"PLATEAU"	7-8	$\geq 20-25$	95-150	$\geq 10^6$	$\leq 20''$	$\leq 1 \times 10^{23}$	CO, CS, SiO, SO, SO <sub>2</sub> , OCS, H <sub>2</sub> S, HDO, H <sub>2</sub> CO, HCN, HC <sub>3</sub> N
NÚCLEO CALIENTE	3-5	5-10	150-300	$\geq 10^7$	$\leq 10''$	$1 \times 10^{24}$	CO, HDO, H <sub>2</sub> CO, HNCO, HCN, HC <sub>3</sub> N, CH <sub>3</sub> CN, C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> CN, C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CN

Resumen de los parámetros de las componentes de Orión KL obtenidos en Blake et al. (1987).

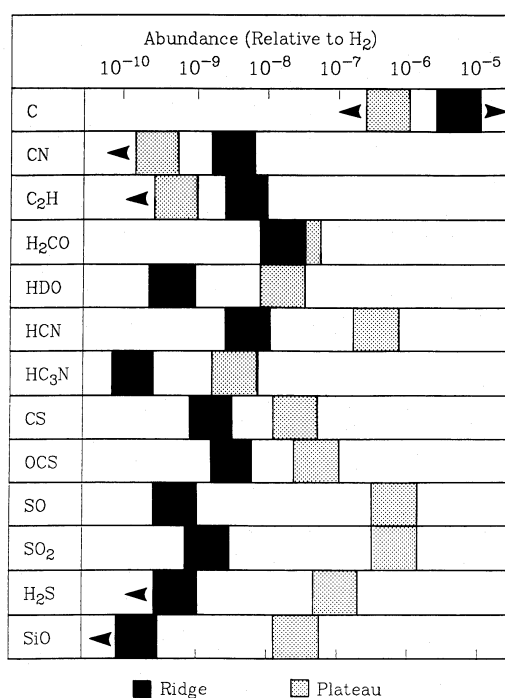


FIGURA 5.3: Comparación de las abundancias entre el "plateau" y el "ridge" extenso en Orión KL. Blake et al. (1987).

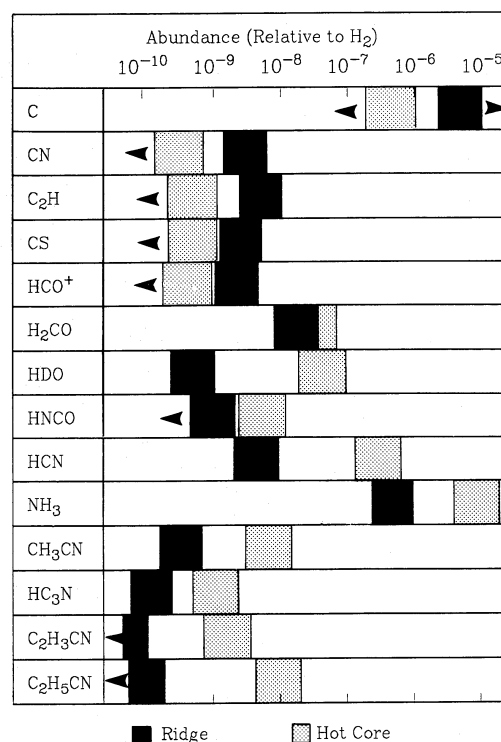


FIGURA 5.4: Comparación de las abundancias entre el núcleo caliente y el "ridge" extenso en Orión KL. Blake et al. (1987).

Turner en 1991 publicó un barrido sobre dos regiones de formación de estrellas masivas: Sagitario B2 y Orión KL; el barrido fue realizado en el NRAO (National Radio Astronomy Observatory) entre las frecuencias de 70 a 115 GHz. Se observaron 800 líneas en OMC-1 (Orión KL) y unas 700 en Sgr B2; en el barrido se muestra un análisis de las abundancias, a través de los llamados diagramas de rotación<sup>2</sup> para 36 especies en Sgr B2 y 27 en OMC-1. La comparación entre la química de estos objetos (ambas regiones de formación de estrellas masivas y ricos en O) nos muestra que existen ocho especies identificadas, que se detectan en Sgr B2 pero no en OMC-1. Estas especies son:  $\text{HC}_9\text{N}$ ,  $\text{HCO}$ ,  $\text{HNO}$ ,  $\text{HOCO}^+$ ,  $\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_2\text{NH}$ ,  $\text{HCCCHO}$  y  $\text{CH}_3\text{NH}_2$ . Las especies que se formen o exciten más eficientemente en regiones compactas, densas y templadas serán más fácilmente detectables en OMC-1. Las especies favorecidas por regiones más frías y de menor densidad deberían ser más fácilmente detectables en Sgr B2. A pesar de la diferencia en estas ocho moléculas, más propias de regiones frías, Turner concluye que no existe una diferencia significativa entre la química de ambas regiones, basándose en el gran número de especies comunes encontradas en ambas nubes y en el cálculo de las abundancias y la distribución. Turner nos muestra las diferentes moléculas detectadas en las distintas componentes de Orión KL:

- **Núcleo Caliente:**  $\text{SO}$ ,  $\text{HNCO}$ ,  $\text{HNCS}$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$  (vibracionalmente excitado),  $\text{HC}_5\text{N}$ ,  $\text{HC}_7\text{N}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{SH}$ ,  $\text{H}_2\text{CCO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ .
- **“Plateau”:**  $\text{SO}$ ,  $\text{SO}_2$ .
- **“Ridge” compacto:**  $\text{H}_2\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{CS}$ ,  $\text{OCS}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_2$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$ ,  $\text{HC}_5\text{N}$ ,  $\text{HC}_7\text{N}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$  (vibracionalmente excitado),  $\text{HNCO}$ ,  $\text{HCOOCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{NH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{CH}_2\text{CHCN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ .
- **“Ridge” extenso:**  $\text{H}_2\text{CS}$ ,  $\text{OCS}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_2$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$ ,  $\text{HCOOCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_2\text{CHCN}$ .

En nuestro barrido espectral nosotros encontramos distinta distribución de algunas de las moléculas presentadas en el trabajo de Turner: la molécula de  $\text{CH}_2\text{CHCN}$  tiene características de línea procedente del núcleo caliente, el  $\text{CH}_3\text{OH}$  tiene una emisión muy baja en el núcleo caliente y el  $\text{H}_2\text{CCO}$  no presenta ninguna evidencia de emisión en el núcleo caliente.

El número de líneas sin identificar en Orión KL para este barrido es de 226 y, en comparación con el barrido de Johansson et al. (1984), en el mismo rango de frecuencias, donde Johansson et al. encontraron 19 líneas sin identificar, Turner encuentra 96.

En 1995, Serabyn y Weisstein hicieron un barrido entre 190 y 900 GHz, con una resolución de 0.2 GHz con un espectrómetro de transformada de Fourier en el CSO (Caltech Submillimeter Observatory). 182 líneas de 17 especies fueron identificadas; todas las especies ya habían sido identificadas en barridos espectrales a menores frecuencias; el gran rango de

<sup>2</sup>Es el método clásico para obtener densidades de columna a través de los parámetros observacionales y espectrales de distintas líneas de emisión (que corresponderán a distintas transiciones) de una misma especie. Supone la aproximación ETL.

frecuencias de este barrido permite observar transiciones adicionales. La transición observada a mayor frecuencia, 893.6 GHz, es una de las dos transiciones del nivel fundamental de HDO, transición observada a alta resolución por Pardo et al. (2001b). En este barrido de banda ancha, vemos que las moléculas lineales más pesadas ( $\text{HC}_3\text{N}$ ) y las moléculas trompo simétricas ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ) emiten a frecuencias más bajas ( $\nu \leq 500$  GHz), mientras que las moléculas más ligeras, diatómicas, triatómicas y las trompo asimétricas emiten a través de todo el rango observado. La resolución en velocidad a  $\nu = 900$  GHz es de solamente tres veces la anchura de la línea en velocidad de la característica del “plateau”, por lo que no se pueden distinguir las componentes de la nube en estas líneas.

También en 1995, Sutton et al., realizaron un barrido espectral en cinco posiciones diferentes de la región KL con el telescopio JCMT (James Clerk Maxwell Telescope) de 15 m entre 334 y 343 GHz. Así, cada uno de los apuntados era más sensible a una componente en concreto: “ridge” extenso, “ridge” compacto, núcleo caliente, “plateau” en el noroeste y “plateau” en el sureste (Fig. 5.5). En el artículo se incluye un detallado análisis de las especies encontradas en cada región y se discute la diferenciación química y física de cada una de ellas. Se encuentra una variación importante en la química entre las regiones del núcleo caliente y del “ridge” compacto.

El barrido sobre Orión KL entre 607-725 GHz de Schilke et al. en 2001 con el CSO (Fig. 5.6) contiene 1 064 características espectrales consistentes en 2032 líneas parcialmente solapadas de las que 155 están sin identificar. El espectro está dominado, aparte de por los rotores diatómicos CO, CS y SO, por las moléculas  $\text{CH}_3\text{OH}$  y  $\text{SO}_2$ . En este trabajo hay una tentativa de la identificación de SiH, con un perfil de línea y velocidad radial provenientes del núcleo caliente. Se observan moléculas que no se han detectado en barridos a menores frecuencias: los hidruros ligeros SiH (tentativa), HCl y  $\text{H}_2\text{S}$ . Una sorpresa en el análisis de los datos fue la aparente altísima densidad de columna de  $\text{HCOOCH}_3$  y las altas temperaturas de rotación de  $\text{HCOOCH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . Mientras que las aparentes altas temperaturas pueden ser falsas debido al efecto de grandes profundidades ópticas, éstas mismas pueden disminuir la densidad de columna, y ellos observaron grandes densidades de columna para estas moléculas. Este hecho junto con la observación de líneas muy excitadas de las tres especies, se interpretó como la posibilidad de estar observando una componente compacta y caliente no detectada en barridos anteriores a más baja frecuencia (en nuestro barrido espectral y en los trabajos de análisis de observaciones realizadas con el telescopio espacial Herschel esa componente más compacta también será observada). En este rango de frecuencias el CO no es el principal refrigerante del gas. La intensidad integrada de las líneas de  $\text{SO}_2$  y  $\text{CH}_3\text{OH}$  es, cada una de ellas, 2.5 veces superior a la de CO, siendo la de CO comparable a la de SO.

Comito et al. (2005) publicó un barrido con el CSO entre 795 y 903 GHz. En este estudio también se observan transiciones de alta excitación de moléculas como el  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}$ , HNC y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  indicando la presencia de una componente muy caliente ( $\sim 250$  K) a la velocidad característica del núcleo caliente. Esto confirma las observaciones de Schilke et al. (2001). En los 108 GHz cubiertos, Comito et al. han identificado 26 especies. También presentan la detección tentativa del radical  $\text{NH}_2$ , por primera vez fuera de la región del centro galáctico. El número de líneas sin identificar (*U-lines*) es de 57, aproximadamente el 10%.



Lerate et al. (2006), mediante los datos de ISO, estudió el espectro de Orión KL en el IR lejano. El espectro está dominado por los principales enfriadores del gas: CO, OH y H<sub>2</sub>O. También se observan líneas prohibidas de [OI], [OIII], [NIII] y [CII] provenientes de la región de fotodisociación PDR (PhotoDissociation Region) conocida como la *Barra de Orión*. Los perfiles P Cygni encontrados para las líneas de agua y de OH, confirman que la mayoría de la emisión detectada está asociada al gas en expansión del flujo proveniente de la región de KL.

Persson et al. (2007) publicaron un detallado análisis del barrido espectral en las bandas 486-492 y 541-577 realizado con el satélite Odín. El principal logro de este trabajo es la observación de unos rangos de frecuencia donde los telescopios terrestres no pueden operar debido a la absorción atmosférica de las moléculas de H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub>. Hallaron 280 características espectrales provenientes de 38 moléculas. Un 19 % de estas características son líneas sin identificar. En este artículo se muestra un análisis exhaustivo de las moléculas de agua observadas; obtienen que la emisión de esta molécula se concentra, principalmente, en el *“plateau”*, *“ridge” compacto* y en el *núcleo caliente* para transiciones de alta excitación.

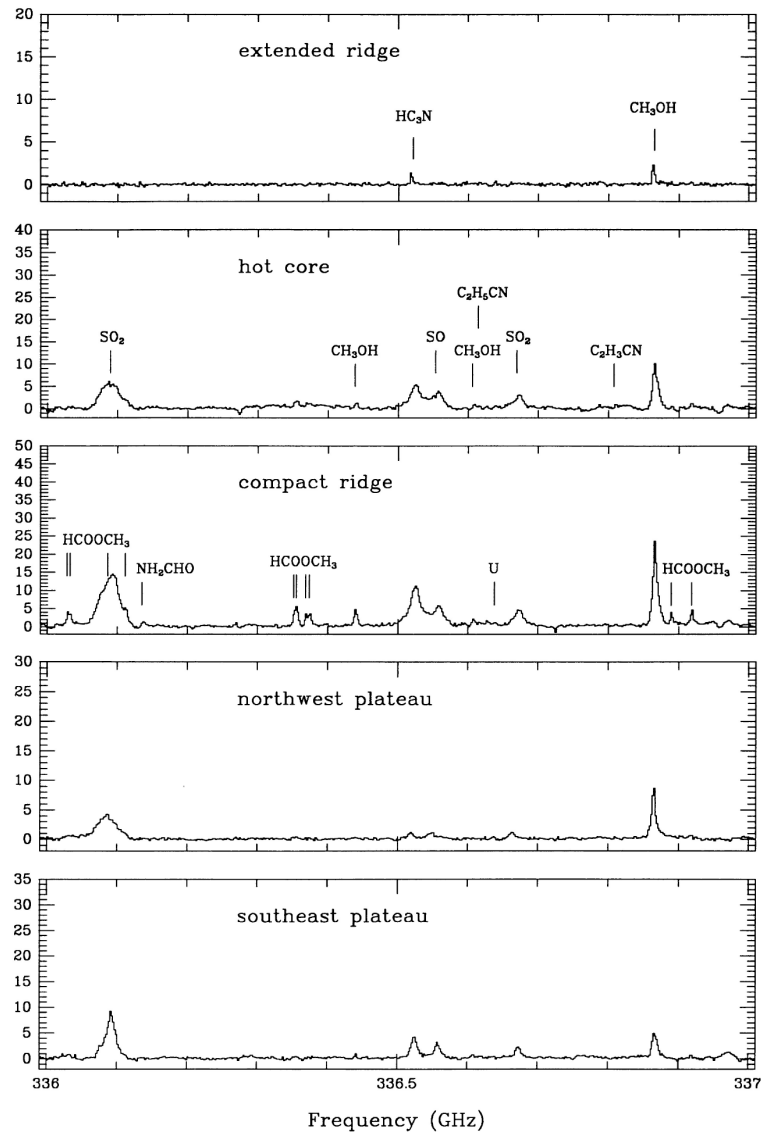


FIGURA 5.5: Espectro de Orión KL tomado por Sutton et al. (1995) en distintas posiciones. Los paneles, desde arriba a abajo, corresponden a posiciones más afectadas por las componentes de "ridge" extenso, núcleo caliente, "ridge" compacto, "plateau" en el noroeste y "plateau" en el sureste. Las líneas se identifican en el primer panel donde aparece claramente. La ordenada está en unidades de  $T^*_A$  (K), temperatura de antena corregida de las pérdidas por los lóbulos secundarios y por el efecto atmosférico, y la abcisa en frecuencia (GHz), asumiendo una velocidad radial de  $8 \text{ km s}^{-1}$ .

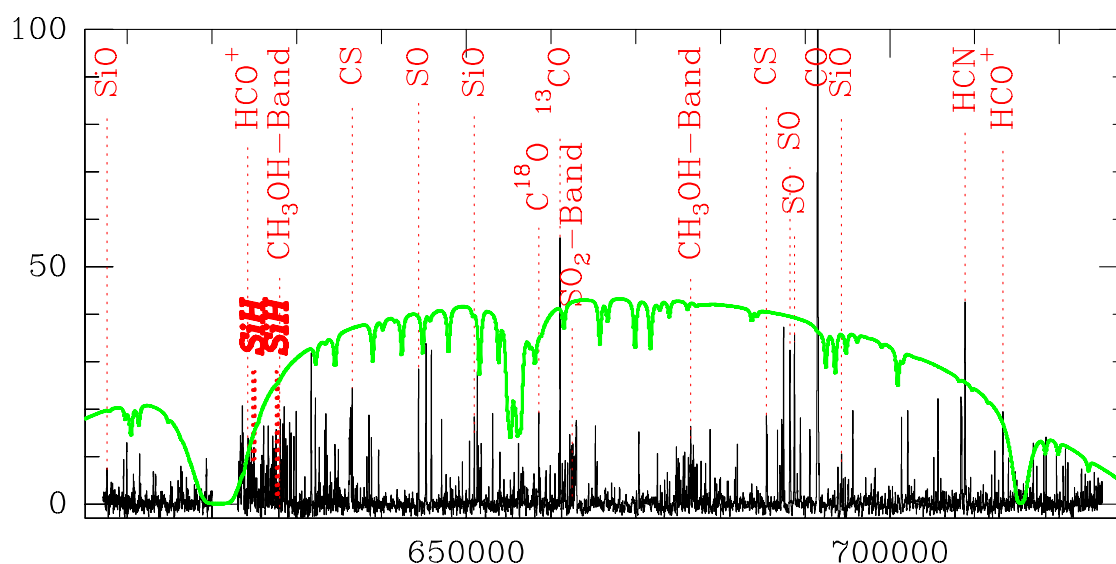


FIGURA 5.6: Espectro de Orión KL tomado por Schilke et al. (2001) con el CSO entre 600 y 725 GHz. La ordenada está en unidades de  $T^*_A$  (K) y la abscisa en frecuencia (MHz). En verde se muestra la transmisión atmosférica en el cenit para 1 mm de vapor de agua precipitable (en tanto por ciento) en Manua Kea.

## 5.2 Nuestra aportación a este marco

Los rangos de frecuencias que cubren nuestras observaciones son 80–115.5 GHz, 130–179 GHz y 197–281 GHz. En primer lugar hay unos 35 GHz de estos rangos de frecuencias que nunca han sido cubiertos en un barrido de alta resolución espectral. Además, la calidad de nuestros datos supera a la de cualquier barrido anterior realizado en el mismo rango de frecuencias. Avanzamos el dato de que hemos encontrado más de 15 000 características espectrales (ver *Parte II* y *Parte IV*), frente a las 1 064 de Schilke et al. (2001), si bien es cierto que en nuestro rango de frecuencias es mucho más amplio y existe mayor densidad de líneas de las moléculas detectadas en la región. El propósito de nuestras observaciones (en lo referente a la relación señal/ruido) era llegar al límite de confusión de línea, reto que ha sido alcanzado en todas las frecuencias. Además el barrido espectral que hemos realizado ha seguido una estrategia de observación y reducción de datos (ver *Parte II*) en la que la banda imagen es eliminada casi por completo. Estas características, hacen que con este barrido seamos capaces de distinguir líneas incluso menores de 0.05 K en temperatura de antena. Esto nos ofrece la posibilidad de detectar especies moleculares menos abundantes que no se podían caracterizar con los barridos anteriores. Además, las líneas sin identificar no podrán ser residuos de la deconvolución de los espectros cuando se observa en doble banda (Sutton et al., 1985; Blake et al., 1986; Turner, 1989; Schilke et al., 2001; Comito et al., 2005) y tampoco serán líneas provenientes de la banda imagen pues en la reducción de los datos éstas serán eliminadas. Además de la mejora en la calidad de los datos, mediante la modelización de los espectros a través de potentes herramientas (ver *Parte II*), podremos calcular las abundancias de las especies encontradas sin tener que asumir ETL y corregidas de la dilución producida por el telescopio. Así, los valores que podamos aportar tendrán un significado más físico: tener en cuenta la dilución del telescopio hace que no estemos calculando las abundancias como un valor extendido a la región que cubre todo el haz del telescopio sino que serán calculadas únicamente en la extensión de la región de donde proviene la molécula y el supuesto de ETL no es válido en las regiones del “plateau” y del “ridge”. La colaboración que hemos venido realizando con grupos de espectroscopía (ver *Parte III*), nos ha permitido detectar isotopólogos de moléculas abundantes en la región por vez primera en el espacio, además de reducir el número de líneas sin identificar de nuestro barrido espectral a un ritmo de 500 líneas por año.

## 5.3 Resultados generales; mejoras para el futuro

La potencia de los barridos espectrales para el conocimiento del medio interestelar, ha sido más que probada en los últimos treinta años. Los principales resultados han consistido en:

- Elaboración de un censo con los átomos y moléculas observados.
- Utilizar las relaciones entre líneas de una misma molécula para conocer la temperatura y la densidad.
- Utilizar las abundancias de las moléculas como diagnóstico del estado de evolución.
- Muestras de los distintos estados dinámicos, como choques, turbulencias... comparando las formas de las líneas de los espectros de alta resolución de moléculas con diferente excitación y química.
- Medidas de la tasa de enfriamiento del gas, en particular las contribuciones de CO y H<sub>2</sub>O.

- Medidas directas de la contribución de las líneas a la banda ancha del continuo, lo que puede afectar a la determinación de los parámetros del polvo.
- Oportunidad para el descubrimiento de nuevas especies.

Hemos comprobado, en parte, el desarrollo científico que se ha experimentado con los resultados de los barridos espectrales, pero todavía se deben mejorar las observaciones, en particular atendiendo a todo el campo espectral que es posible cubrir. Con un análisis crítico, los datos obtenidos en los barridos espectrales adolecen de:

- Calibración imprecisa con, al menos un 30% de incertidumbre.
- Los barridos realizados en tierra dependen de las condiciones meteorológicas, y a menudo se tarda más de un año en la toma de datos de una única fuente.
- Pobre sensibilidad a las longitudes de onda del infrarrojo lejano, por lo que sólo las líneas ópticamente opacas son detectadas.
- Pobre resolución espacial, de manera más significativa en el IR lejano.
- Baja resolución espectral en el rango de frecuencias del IR lejano.
- No se cubre la región de  $\nu \sim 1$  THz, donde los niveles  $J$  más bajos de los hidruros y los modos “bending” de grandes moléculas tienen lugar.

En la actualidad el Herschel Space Observatory (HSO) (ver *Parte II*) nos aporta una contribución única, pues cubre un ancho rango de frecuencias que la atmósfera no nos permite observar en tierra. Puede mejorar cada uno de los aspectos anteriores en uno o dos órdenes de magnitud. Un programa de cobertura en todas las frecuencias de operación de al menos tres docenas de fuentes, en el rango que va desde las nubes difusas a los discos circunestelares, es el mayor logro de Herschel. El tiempo requerido para cada fuente es mínimo, obteniéndose muy buena sensibilidad. El análisis de estos barridos espectrales revelarán grandes dudas acerca de la formación estelar.

A través del proyecto internacional ALMA (EEUU, Europa, Canadá, Japón y Chile) se ha construido un gran interferómetro que trabaja en las ondas milimétricas y submilimétricas, situado en Chanjnantor, en el desierto de Chile. Este lugar situado a 5 000 m de altura es el más apropiado para observar estas longitudes de onda debido a la gran transparencia de la atmósfera. Trabaja sobre 10 bandas que irán desde los 35 a los 900 GHz. Los receptores son muy sensibles, con temperaturas menores de 50 K en la zona de baja frecuencia, muy estables y son capaces de discriminar la polarización de la radiación. ALMA nos proporciona una resolución espacial desconocida hasta ahora en el rango de las ondas milimétricas, pudiendo, para nubes cercanas, resolver regiones de unas 3 unidades astronómicas, comparables con el tamaño de nuestro sistema solar. Esto implica que podremos resolver acumulaciones de material sólido del tamaño de nuestro planeta. ALMA podrá discriminar, sin ambigüedad entre las diferentes opciones ofrecidas por los modelos de formación estelar; el colapso de las nubes, la generación de eyecciones bipolares de gas y el papel del campo magnético serán temas en los que ALMA nos desvele los misterios que ahora rodean a estos fenómenos. A través de observaciones que ya están empezando a realizarse en la actualidad, podremos disponer de detalles precisos entre la interacción de estrellas recién formadas y el medio gaseoso que las rodea.

## II

BARRIDO ESPECTRAL SOBRE ORIÓN KL



## Capítulo 6

# Barrido espectral sobre Orión KL con el radiotelescopio de 30 m de IRAM

En este capítulo se muestran los resultados del barrido espectral sobre Orión KL a  $\lambda = 3, 2$  y  $1.3$  mm realizado con el radiotelescopio de 30 m de IRAM. Primero, explicaremos, a modo de introducción, las motivaciones para la realización de este trabajo. A continuación, explicaré brevemente los trabajos desarrollados en esta sección, para pasar a presentar los artículos publicados en la revista *Astronomy & Astrophysics* para que el lector conozca en profundidad las contribuciones realizadas. Tras cada artículo se incluye una sección con los resultados más importantes obtenidos y una pequeña reflexión sobre el impacto del estudio.

### 6.1 Motivaciones

La realización de barridos espectrales son fundamentales para la comprensión de las propiedades físicas de las regiones de formación de estrellas masivas. Como se ha apuntado en el primer capítulo, estas regiones poseen unas condiciones físico-químicas especiales debido a los fenómenos que se dan en su interior. Además, la formación de estrellas acarrea una serie de procesos que transforman químicamente el gas en el medio circundante y le dota de unas condiciones únicas. Estudiar este gas, a través de su espectro en un amplio rango de frecuencias, nos permite deducir las condiciones físicas y químicas del mismo, ampliando el conocimiento sobre el entorno de las regiones de formación de estrellas y sobre el propio proceso de formación estelar. Hay dos regiones de formación de estrellas masivas en la galaxia que han sido estudiadas de manera sistemática: Sagitario B2 (Sgr B2, cerca del centro galáctico) y Orión KL que, a tan sólo  $\simeq 414$  pc (Menten et al., 2007) de distancia, es la región de formación de estrellas de gran masa más cercana a nuestro sistema solar. Una primera conclusión que se puede extraer al comparar diversos estudios de estas dos regiones, es que el gas en cada región es gobernado por distintas condiciones físicas y químicas (ver, por ejemplo, el barrido espectral de Turner, 1991, donde se muestra el espectro de ambas regiones a 3 mm). La gran complejidad de ambas regiones, se vuelve aún más complicada desde el punto de vista químico al presentar una gran variedad de moléculas diferentes, lo que apunta a un distinto grado evolutivo y, probablemente, a diferentes fenómenos en los procesos de evolución del gas. Por este motivo, cada nube molecular ha de ser estudiada de manera exhaustiva. Con un análisis comparativo, quizás seamos capaces de extraer conclusiones generales que afecten al proceso de formación estelar que se da tanto en Orión KL como en Sgr B2.

El gas en la región de Orión KL nos proporciona un denso espectro de líneas moleculares muy intensas gracias a la proximidad de esta fuente. Para las condiciones de densidad y temperatura que se dan en la región muchas de las moléculas que componen el gas tienen su máximo de emisión a las frecuencias que nosotros hemos seleccionado. Con este amplio barrido espectral, disponemos de gran cantidad de transiciones de una misma molécula, con lo que podemos derivar de una manera fiable las condiciones físicas de la zona donde emite una especie



determinada. Debido a la gran intensidad de las líneas de emisión de ciertas moléculas, somos capaces, en muchos casos, de detectar varios isotopólogos de la misma molécula y diversos estados de vibración, con lo que el estudio del gas se amplía: los isotopólogos emiten, en general, líneas ópticamente transparentes que facilitan la interpretación de los resultados y, además, seremos capaces de proporcionar razones isotópicas por medio de la relación de las densidades de columna entre los distintos isotopólogos; por la detección de estados vibracionalmente excitados podemos calcular una temperatura de vibración que nos dará pistas sobre el transporte de radiación en la región.

También se sabía que en la región de Orión KL coexisten diversas componentes del gas circundante, con lo que las líneas moleculares en emisión de este barrido espectral podían tener características espectrales (velocidad radial, anchura de la línea) diferentes. En general, se podía esperar que el perfil de la línea, su anchura a media potencia, y la velocidad radial de la línea dependiera de la molécula considerada ya que su emisión proviene de una o varias componentes, o bien de todas ellas. Por este motivo, analizando cada línea como suma de la emisión de las distintas componentes, podremos deducir distintas propiedades físicas y químicas para cada una de las sub-regiones de Orión KL.

Como un extra a este estudio detallado de la región, el barrido espectral que realizábamos contaba con una sensibilidad sin precedentes en un rango de 168 GHz, con lo que se esperaba encontrar moléculas no detectadas hasta la fecha en el espacio.

Estas motivaciones contaban con el apoyo de potentes herramientas para llevarse a cabo: los catálogos de líneas moleculares y los códigos de transporte de radiación creados y mantenidos por J. Cernicharo.

## 6.2 Observaciones, reducción de datos y primeros resultados

Las observaciones comenzaron en septiembre de 2004, con la idea de cubrir la banda de 3 mm (80–115.5 GHz), del radiotelescopio de IRAM de 30 m<sup>1</sup>. En la fecha de esta observación, los receptores y los espectrógrafos utilizados nos permitían cubrir una anchura de banda de 1 GHz con una resolución de  $\simeq 1$  MHz en la banda de 3 mm y simultáneamente, obtener también 1 GHz de observaciones a  $\simeq 1$  MHz de resolución en la banda de 1.3 mm. En unos 10 minutos de tiempo de integración obteníamos un espectro donde líneas de  $T_A^* \simeq 0.02$  K estaban por encima de  $3\sigma^2$ , con lo que podíamos avanzar muy rápidamente (de 1 GHz en 1 GHz) desde 80 GHz hasta 115.5 GHz (obteniendo, de manera adicional los espectros en la banda de 1.3 mm, desde 196.5 hasta 232 GHz). Debido a que en Orión KL encontramos líneas con temperaturas de antena que llegan a los 80 K (CO) y las líneas de transiciones de moléculas abundantes como SO y SO<sub>2</sub> pueden alcanzar los 40 K, nos planteamos el problema de la contaminación espectral procedente de la banda imagen, a pesar de la buena atenuación de los receptores. Como solución, tomamos un espectro a una frecuencia determinada (10 minutos de tiempo de integración) y después desplazamos el centro de los receptores 20 MHz (no era necesaria una nueva sintonización) y se tomaba otro espectro (otros 10 minutos de tiempo de integración). De esta forma, al comparar estos dos espectros podíamos identificar las líneas que surgen de la banda imagen (serán aquellas

<sup>1</sup>La siguiente página web muestra las características técnicas de este radiotelescopio: <http://iram-institute.org/EN/content-page-55-7-55-0-0-0.html>.

<sup>2</sup>Una característica espectral a  $3\sigma$  tiene un 99.75 % de probabilidad de que se vuelva a observar en el futuro, valor estándar dado por las probabilidades estadísticas de la distribución normal o de Gauss. Por debajo de  $3\sigma$  se considera que lo que se detecta es ruido proveniente de los receptores, de la atmósfera, de la técnica de observación, etc.

que no tengan la misma frecuencia en los dos espectros y estén desplazadas 40 MHz). Así, la nueva sintonización de los receptores se hacía cada 25 minutos aproximadamente, lo que supone un tiempo muy escaso teniendo en cuenta que en ese intervalo contamos con 2 GHz de datos con una excelente relación señal-ruido y con el espectro desplazado en 20 MHz para poder detectar las líneas de la banda imagen.

Como una consecuencia de la sensibilidad de las observaciones, se decidió cubrir todas las bandas espectrales que permitían los receptores del telescopio (3 mm: 80–115.5 GHz; 2 mm: 130–178 GHz; 1.3 mm: de 196.5–281.5 GHz; cubriendo un total de unos 168 GHz) y con una sensibilidad que permitía alcanzar el límite de confusión espectral (line confusion limit). Para realizar el barrido espectral usando todos los receptores se realizaron nuevas sesiones de observación en marzo de 2005 y abril de 2005.

Para el análisis de los datos, lo primero que hicimos fue quitar todas las líneas que provenían de la banda imagen siguiendo el método descrito anteriormente. Al haber alcanzado el límite de confusión espectral, teníamos que asegurarnos de eliminar correctamente las líneas procedentes de la banda imagen incluso para temperaturas de antena menores de 0.05 K. Para líneas más débiles la confusión espectral era tal que resultaba imposible definir nítidamente las líneas. Este proceso fue hecho manualmente: comparábamos dos espectros (con una anchura de la banda de 500 MHz) con una frecuencia central separada 20 MHz (por ejemplo, uno centrado en 90000 MHz y el otro en 90020 MHz) y todas aquellas líneas que se encontraran desplazadas 40 MHz, provenían de la banda imagen (en el primer artículo que mostramos, viene explicado este proceso). Entonces, esas líneas se eliminaban en ambos espectros y, a continuación los sumábamos obteniendo un tiempo de integración total de unos 20 minutos. Este fue un largo proceso de reducción de datos que se alargó durante más de un año, retrasando la publicación de los primeros resultados.

Tras esta primera interacción con los datos, ya estábamos en disposición de identificar las líneas del barrido espectral. Empezamos de manera sistemática, avanzando en frecuencia y considerando todas las líneas con una temperatura de antena mayor de 0.1 K. Este proceso también debía hacerse manualmente, debido a la gran cantidad de líneas que eran el resultado del solapamiento de la emisión de distintas especies y a la variedad de los parámetros espectrales de las líneas. Las identificaciones se basaron, principalmente, en el catálogo creado y mantenido por J. Cernicharo, que contiene 4 013 especies moleculares. Completar este primer proceso de identificación de líneas llevó, aproximadamente, un año más. Como primeros resultados teníamos detectadas más de 14 000 características espectrales, de las cuales unas 10 000 habían sido identificadas y atribuidas a 43 moléculas diferentes, incluyendo 148 isotopólogos y estados vibracionales diferentes. Este proceso de identificación de líneas sigue abierto hoy en día. Muchas de las líneas por debajo de  $T^*_A = 0.1$  K ya han sido identificadas gracias a que varios grupos de trabajo en el campo de espectroscopía molecular, motivados por nuestro trabajo y en estrecha colaboración con nosotros, han obtenido en el laboratorio las frecuencias de los isotopólogos de las moléculas más abundantes en Orión (la *Parte III* de esta tesis trata sobre estas colaboraciones).

Al cabo de ese año identificando líneas espectrales, concluimos que la mejor manera de abordar el análisis de los datos era a través del estudio de diferentes familias de especies moleculares. De esta manera comenzamos con las moléculas que contenían el grupo  $-CS$  (primer artículo expuesto en esta tesis). El primer contacto con este tipo de análisis nos llevó a volver a pedir tiempo de observación: por un lado queríamos completar el barrido espectral con mapas de la emisión de diferentes moléculas en Orión KL y por otro, debido a lo sensible al apuntado

que era nuestro espectro a 1.3 mm, queríamos repetir algunas frecuencias y obtener espectros en distintas posiciones de Orión KL, cada una de ellas dominada por una determinada componente de la nube. Estas últimas observaciones se llevaron a cabo en enero de 2007.

### 6.3 Análisis de dos familias de moléculas

La primera molécula en la que centramos nuestra atención fue en OCS: era una molécula con intensas líneas de emisión, por lo que contábamos con la detección de varios isotopólogos y con la detección de los estados vibracionales  $\nu_2=1$  y  $\nu_3=1$ , ambos por primera vez en el espacio. Al estudio de OCS añadimos el de CS, HCS<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>CS, CCS y CCCS, todas ellas, moléculas que fueron detectadas en nuestro barrido espectral, y que al tener en común el grupo –CS, podíamos hacer un análisis completo y consistente para esta característica molecular.

Las moléculas con silicio (SiO y SiS) también presentaban varios atractivos: SiO es una molécula que presenta líneas espectrales intensas, con lo que teníamos la oportunidad de detectar Si<sup>18</sup>O y Si<sup>17</sup>O; se detectan las transiciones  $J = 2-1$ ,  $4-3$  del estado vibracional  $v=1$  en emisión máser, la última por primera vez en Orión KL. Por otra parte, se habían obtenido recientemente nuevos coeficientes colisionales de Si–He y, más tarde de Si–H<sub>2</sub>, con lo que los cálculos del transporte de radiación mejorarían con respecto a estudios anteriores; además, el pico de intensidad de SiS aparecía a una velocidad radial distinta a la de cualquier otra molécula detectada en el barrido espectral.

La manera de proceder fue igual para todas las especies: buscábamos en nuestro barrido espectral todas las líneas de emisión causadas por una cierta molécula, incluyendo todos los isotopólogos y estados vibracionales. Para cada característica espectral detectada hacíamos un análisis de las distintas componentes gaussianas en las que se podía descomponer la línea de emisión, obteniendo los parámetros espectrales de velocidad radial, anchura de la línea e intensidad para cada componente ajustada. A través de un código de transporte de radiación, creado, desarrollado y mantenido por J. Cernicharo, tratábamos de reproducir las líneas espectrales por medio de aproximación ETL ó LVG (dependiendo del tipo de molécula o de las condiciones físicas fijadas para el medio). El código permite obtener espectros sintéticos donde las líneas pueden ser el resultado de la suma de varias componentes, del solapamiento de varias especies y una gran variedad de posibilidades con las que éramos capaces de reproducir de manera muy fiel las líneas observadas. Los parámetros físicos y químicos (densidad de H<sub>2</sub>, temperatura cinética, diámetro de la fuente, densidad de columna) que mejor ajustasen las observaciones eran los resultados de nuestro análisis. A través de los parámetros obtenidos en el modelo, también podíamos derivar abundancias isotópicas y, en los casos de moléculas en los que eran detectados distintos estados vibracionales, temperaturas de vibración. En este punto, ya estábamos en disposición de discutir los resultados obtenidos y hacer una comparación entre las diferentes especies estudiadas.

Tanto para las moléculas que contienen el grupo –CS como para las que contienen Si, también estudiamos aquellas especies no detectadas en nuestro barrido espectral con esas características químicas (grupo –CS o con Si) y que tienen interés en el campo de la Astrofísica Molecular. Para estas moléculas no detectadas hemos obtenido límites superiores a sus densidades de columna. Este amplio análisis tanto de las moléculas detectadas, como de las no detectadas, supone una importante prueba observacional, y una importante contribución en el campo de la química del medio interestelar.

### 6.3.1 Barrido espectral sobre Orión KL (I): moléculas que contienen el grupo $-CS$

Este primer artículo que mostramos contiene la presentación del barrido espectral y el análisis de las moléculas detectadas (y no detectadas) que contienen el grupo  $-CS$ .

# A line confusion limited millimeter survey of Orion KL

## I. Sulfur carbon chains<sup>★</sup>

B. Tercero, J. Cernicharo, J. R. Pardo, and J. R. Goicoechea

Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), Departamento de Astrofísica Molecular, Ctra. de Aljalvir Km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

e-mail: [belen;pardo]@damir.iem.csic.es; [jcernicharo;jr.goicoechea]@cab.inta-csic.es

Received 19 October 2009 / Accepted 15 April 2010

### ABSTRACT

We perform a sensitive (line confusion limited), single-side band spectral survey towards Orion KL with the IRAM 30 m telescope, covering the following frequency ranges: 80–115.5 GHz, 130–178 GHz, and 197–281 GHz. We detect more than 14 400 spectral features of which 10 040 have been identified up to date and attributed to 43 different molecules, including 148 isotopologues and lines from vibrationally excited states. In this paper, we focus on the study of OCS, HCS<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>CS, CS, CCS, C<sub>3</sub>S, and their isotopologues. In addition, we map the OCS  $J = 18-17$  line and complete complementary observations of several OCS lines at selected positions around Orion IRc2 (the position selected for the survey). We report the first detection of OCS  $v_2 = 1$  and  $v_3 = 1$  vibrationally excited states in space and the first detection of C<sub>3</sub>S in warm clouds. Most of CCS, and almost all C<sub>3</sub>S, line emission arises from the hot core indicating an enhancement of their abundances in warm and dense gas. Column densities and isotopic ratios have been calculated using a large velocity gradient (LVG) excitation and radiative transfer code (for the low density gas components) and a local thermal equilibrium (LTE) code (appropriate for the warm and dense hot core component), which takes into account the different cloud components known to exist towards Orion KL, the *extended ridge*, *compact ridge*, *plateau*, and *hot core*. The vibrational temperature derived from OCS  $v_2 = 1$  and  $v_3 = 1$  levels is  $\approx 210$  K, similar to the gas kinetic temperature in the hot core. These OCS high energy levels are probably pumped by absorption of IR dust photons. We derive an upper limit to the OC<sub>3</sub>S, H<sub>2</sub>CCS, HNCS, HOC<sup>+</sup>, and NCS column densities. Finally, we discuss the D/H abundance ratio and infer the following isotopic abundances:  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} = 45 \pm 20$ ,  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S} = 20 \pm 6$ ,  $^{32}\text{S}/^{33}\text{S} = 75 \pm 29$ , and  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O} = 250 \pm 135$ .

**Key words.** surveys – stars: formation – ISM: abundances – ISM: clouds – ISM: molecules – radio lines: ISM

## 1. Introduction

The Orion KL (Kleinmann-Low) cloud is the closest ( $\approx 414$  pc, Menten et al. 2007) and most well studied high mass star-forming region in our Galaxy (see, e. g., Genzel & Stutzki 1989 for review). The prevailing chemistry of the cloud is particularly complex as a result of the interaction of the newly formed protostars, outflows, and their environment. The evaporation of dust mantles and the high gas temperatures produce a wide variety of molecules in the gas phase that are responsible for a spectacularly prolific and intense line spectrum (Blake et al. 1987; Brown et al. 1988; Chamley 1997).

Near- and mid-IR subarcsecond resolution imaging and (sub)millimeter interferometric observations have identified the main sources of luminosity, heating, and dynamics in the region. At first, IRc2 was believed to be the responsible for this complex environment. However, the 8–12  $\mu\text{m}$  emission peak of IRc2 is not coincident with the the origin of the outflow(s) (and the Orion SiO maser origin), and its intrinsic IR luminosity ( $L \approx 1000 L_{\odot}$ ) is only a fraction of the luminosity of the entire system (Gezari et al. 1998). In addition, 3.6–22  $\mu\text{m}$  images indicate that IRc2 is resolved into four non self-luminous components. Therefore, IRc2 is not presently the powerful engine of Orion KL and its nature remains unclear (Dougados et al. 1993; Shuping et al. 2004; Greenhill et al. 2004).

Menten & Reid (1995) identified the very embedded radio continuum source *I* (a young star with a very high luminosity without an infrared counterpart,  $\approx 10^5 L_{\odot}$ , Gezari et al. 1998; Greenhill et al. 2004, located 0'.5 south of IRc2) as the source coinciding with the centroid of the SiO maser distribution (Plambeck et al. 2009; Zapata et al. 2009a; Goddi et al. 2009b). They also detected the radio continuum emission of IR source *n*, suggesting this source as another precursor of the large-scale phenomena. In addition, Beuther et al. (2004) detected a sub-millimeter source without IR and centimeter counterparts, SMA1, previously predicted by de Vicente et al. (2002), which may be the source driving the high velocity outflow (Beuther & Nissen 2008). Thus, the core of Orion KL contains the compact HII regions *I* and *n* (in addition to BN, which was resolved with high resolution at 7 mm by Rodríguez et al. 2009), which appear to be receding from a common point, an originally massive stellar system that disintegrated  $\approx 500$  years ago (Gómez et al. 2005; Zapata et al. 2009b). Finally, submm aperture synthesis line surveys provided the spatial location and extent of many molecular species (Blake et al. 1996; Wright et al. 1996; Liu et al. 2002; Beuther et al. 2005; Goddi et al. 2009b; Plambeck et al. 2009; Zapata et al. 2009a).

The chemical complexity of Orion KL has been demonstrated by several line surveys performed at different frequency ranges: 72.2–91.1 GHz by Johansson et al. (1984); 215–247 GHz by Sutton et al. (1985); 247–263 GHz by Blake et al. (1986); 200.7–202.3, 203.7–205.3 and 330–360 GHz by Jewell et al. (1989); 70–115 GHz by Turner (1989);

<sup>★</sup> Appendices A and B are only available in electronic form at <http://www.aanda.org>

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

## Resultados más importantes y valoración final

El artículo que acabamos de mostrar presenta el barrido espectral realizado con el telescopio de IRAM 30 m y analiza la familia de moléculas que contienen el grupo  $-CS$ .

El barrido espectral cubre aproximadamente 168 GHz en los que fueron detectadas 14 400 características espectrales de las cuales 10 040 fueron identificadas hasta la fecha en la que fue aceptado el artículo. Se identificaron 43 moléculas diferentes y 148 isotopólogos y estados vibracionalmente excitados (en la *Parte IV* de esta tesis daremos el estado actual de estas identificaciones y mostraremos todas las especies detectadas). Hasta el momento de la publicación de este artículo ningún barrido espectral había sido realizado en tan amplio rango de frecuencias en el dominio de las ondas milimétricas llegando, además, al límite de confusión espectral, ni se habían detectado tal cantidad de líneas. El gran número de líneas sin identificar y todas las características espectrales por debajo de 0.1 K que no han sido analizadas sistemáticamente, hace que estos resultados estén en continua revisión debido, principalmente, a las nuevas frecuencias obtenidas en el laboratorio de especies que podrían encontrarse en nuestra fuente (ver *Parte III*).

El artículo presenta un estudio global de las moléculas de interés astrofísico que contienen el grupo  $-CS$ . De ellas, fueron detectadas:  $OCS$ ,  $OC^{34}S$ ,  $OC^{33}S$ ,  $O^{13}CS$ ,  $O^{13}C^{34}S$ ,  $^{18}OCS$ ,  $OCS \nu_2=1$  y  $OCS \nu_3=1$  (por primera vez en el espacio),  $HCS^+$ ,  $H_2CS$  (orto y para),  $H_2C^{34}S$  (orto y para),  $H_2^{13}CS$  (orto y para),  $HDCS$ ,  $CS$ ,  $C^{34}S$ ,  $C^{33}S$ ,  $^{13}CS$ ,  $^{13}C^{34}S$ ,  $CCS$  y  $C_3S$  (por primera vez en nubes calientes); de estas moléculas detectadas, se buscaron todos los isotopólogos y estados vibracionales, siendo detectados tentativamente  $^{17}OCS$ ,  $OC^{36}S$ ,  $C^{36}S$ ,  $^{13}C^{33}S$  y  $CS v=1$ .

Además de la posición del barrido espectral, se observaron otras posiciones cercanas, cada una de ellas más sensible a una determinada componente de Orión KL, para líneas de emisión de distintas transiciones de  $OCS$ . También se obtuvieron mapas de la línea  $J = 18-17$  de  $OCS$ . Esto nos permitió confirmar que  $OCS$  tenía su máximo de emisión en la componente del “*ridge*” compacto, lo que era de esperar debido a que en esta región se centra la emisión de las moléculas carbonadas ricas en oxígeno.

Los cálculos de las densidades de columna y, por consiguiente, la estimación de las relaciones de las abundancias isotópicas y las temperaturas de vibración fueron mejoradas con relación a los trabajos previos debido al gran número de líneas de distintas transiciones disponibles para cada especie, su calibración consistente a lo largo del rango de frecuencias observado, la información actualizada de las propiedades físicas de la región y de las constantes moleculares y la posibilidad de calcular el transporte de radiación por medio de la aproximación LVG. El código de transporte de radiación del que disponíamos nos permitía realizar un modelo de la región preciso que tenía en cuenta los siguientes factores: en primer lugar, el haz del telescopio y la temperatura de brillo se convolucionaban para obtener densidades de columna promedio sobre un diámetro de la fuente dado (la mayoría de los trabajos previos daban las densidades de columna promedio sobre el diámetro del haz del telescopio); también nos permitía sumar la emisión proveniente de distintas componentes, con lo que podíamos añadir cada una de las componentes de Orión KL y obtener la forma de línea adecuada. Para cada componente se elegían valores de densidad de  $H_2$ , temperatura cinética, diámetro de la fuente, velocidad radial, anchura de la línea, su distancia con respecto a la posición de apuntado [teníamos en cuenta que no todas las componentes de la región estaban centradas en nuestra posición de apuntado. Además, al avanzar en frecuencia el haz del telescopio disminuía, con lo que a 1.3

mm el haz del telescopio era *HPBW* (Half Power Beam Width) = 10" y se perdía gran parte de la emisión proveniente del "*ridge*" compacto<sup>3</sup>] y, por último, se ajustaba la densidad de columna de la especie. Dependiendo de las propiedades físicas de la región y de la molécula a estudiar, elegíamos aproximación LVG ó ETL para el cálculo del transporte de radiación.

De esta manera fueron obtenidos los parámetros físicos para cada componente de Orión KL y las densidades de columna promediadas en el diámetro de cada región para cada especie detectada. Además, se obtuvieron límites superiores para las densidades de columna de las especies tentativamente detectadas y para las siguientes moléculas no detectadas: OC<sub>3</sub>S, H<sub>2</sub>CCS, HNCS, HOCS<sup>+</sup> y NCS.

Además de los cálculos de las densidades de columna, podemos destacar los siguientes resultados:

- Detección de 14 400 características espectrales en 168 GHz que cubren las ventanas de longitudes de onda milimétricas de 3 mm, 2 mm y 1.3 mm, de las cuales 10 040 fueron identificadas a través de 43 moléculas diferentes y 148 isotopólogos y estados vibracionalmente excitados
- Detección por primera vez en el espacio de OCS  $\nu_2=1$  y OCS  $\nu_3=1$ .
- Detección por primera vez en nubes calientes de C<sub>3</sub>S.
- OCS es la molécula con mayor densidad de columna en todas las componentes de Orión KL de las estudiadas en este trabajo.
- Las anchuras de las líneas de las detecciones de OCS  $\nu_2=1$  y  $\nu_3=1$  son más estrechas que las esperadas para las especies cuya fuente principal de emisión es el núcleo caliente. Esto puede ser interpretado asumiendo una zona de emisión de estos estados vibracionales más compacta y, probablemente, interna del núcleo caliente.
- La temperatura de vibración obtenida a través de los niveles vibracionales detectados de OCS es similar a la temperatura cinética media del núcleo caliente. Considerando los coeficientes colisionales ro-vibracionales de SiO similares a aquellos de OCS, podemos inferir que la población de los niveles vibracionales de OCS es causada, principalmente, por fotones IR provenientes del polvo.
- El límite superior obtenido para la temperatura de vibración CS  $v=1$  concuerda con los resultados obtenidos para OCS.
- La emisión de H<sub>2</sub>CS proviene principalmente del "*ridge*" compacto para las líneas de emisión con el número cuántico  $K_a < 3$ , mientras que la emisión es dominada por la componente del *núcleo caliente* para  $K_a \geq 3$ .
- La emisión de CCS y CCCS proviene de la componente del *núcleo caliente*. Resultado sorprendente ya que eran moléculas encontradas típicamente en nubes oscuras frías. Además, obtuvimos una relación de abundancias C<sub>2</sub>S/C<sub>3</sub>S similar a la hallada en nubes oscuras y en estrellas evolucionadas, lo que podría indicar que estas especies se forman en la fase gaseosa.

---

<sup>3</sup>Ya hemos visto en capítulos previos que esta componente se encuentra centrada a unos 7" de nuestra posición de apuntado.



- Se obtienen las siguiente abundancias isotópicas:  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C} = 45 \pm 20$ ,  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S} = 20 \pm 6$ ,  $^{32}\text{S}/^{33}\text{S} = 75 \pm 29$ ,  $^{16}\text{O}/^{18}\text{O} = 250 \pm 135$  y  $\text{D}/\text{H} = 0.05 \pm 0.02$ .

En este trabajo se han obtenido nuevos resultados que contribuyen a mejorar nuestro conocimiento del medio interestelar, concretamente de las regiones de formación de estrellas masivas. Han sido obtenidos nuevos parámetros físicos y químicos del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas a través de potentes observaciones y procedimientos. A pesar de la limitación en la resolución angular de los datos (observaciones no interferométricas), la cantidad de moléculas estudiadas, el gran número de transiciones detectadas de cada una de ellas y los diferentes estados vibracionalmente excitados encontrados en el barrido espectral nos permiten deducir las condiciones físicas de las distintas componentes espaciales de la nube de Orión y determinar su densidad y temperatura.

### 6.3.2 Barrido espectral sobre Orión KL (II): moléculas que contienen Si

El siguiente artículo sigue la estela del anterior en los procedimientos de análisis, esta vez estudiando las moléculas que contienen silicio. Las diferencias entre estas dos familias de moléculas nos lleva a resultados propios y originales de cada una de ellas que, además, amplían el conocimiento de la región de una manera global para todas las especies presentes en la misma. Los resultados obtenidos son complementarios a los del primer artículo y ambos permiten hacernos una idea de la química del silicio y del azufre.

# A line-confusion limited millimeter survey of Orion KL

## II. Silicon-bearing species<sup>★,★★</sup>

B. Tercero<sup>1</sup>, L. Vincent<sup>1,2</sup>, J. Cernicharo<sup>1</sup>, S. Viti<sup>3</sup>, and N. Marcelino<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Departamento de Astrofísica Molecular. Ctra. de Aljávir Km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

e-mail: [terceromb@cab.inta-csic.es](mailto:terceromb@cab.inta-csic.es)

<sup>2</sup> LERMA and UMR 8112 of CNRS, Observatoire de Paris-Meudon, 92195 Meudon Cedex, France

<sup>3</sup> Department of Physics and Astronomy, University College London, Gower Street, WC1E 6BT, London, UK

<sup>4</sup> National Radio Astronomy Observatory, 520 Edgemont Road, Charlottesville, VA 22903, USA

e-mail: [jcernicharo@cab.inta-csic.es](mailto:jcernicharo@cab.inta-csic.es); [lucie@damir.iem.csic.es](mailto:lucie@damir.iem.csic.es); [sv@star.ucl.ac.uk](mailto:sv@star.ucl.ac.uk); [nmarceli@nrao.edu](mailto:nmarceli@nrao.edu)

Received 29 September 2010 / Accepted 3 December 2010

### ABSTRACT

**Aims.** We present a study of the silicon-bearing species detected in a line-confusion limited survey towards Orion KL performed with the IRAM 30-m telescope. The analysis of the line survey is organized by families of molecules. Our aim is to derive physical and chemical conditions for each family taking all observed lines into account from all isotopologs of each species. The large number of transitions in different vibrationally excited states covered by our data, which range from 80 to 280 GHz, let us provide reliable source-average column densities (hence, isotopolog abundances and vibrational temperatures) for the detected molecules. In addition, we provide a wide study of the physical properties of the source based on the different spectral components found in the emission lines.

**Methods.** We modeled the lines of the detected molecules using a radiative transfer code, which permit us to choose between large velocity gradient (LVG) and local thermodynamic equilibrium (LTE) approximations depending on the physical conditions of the gas. We used appropriate collisional rates for the LVG calculations. To qualitatively investigate the origin of the SiS and SiO emissions in Orion KL we ran a grid of chemical models.

**Results.** For the  $v = 1$  state of SiO, we detected the  $J = 2-1$  line and, for the first time in this source, emission in the  $J = 4-3$  transition, both of them showing a strong masering effect. For SiO  $v = 0$ , we detected  $^{28}\text{SiO}$ ,  $^{29}\text{SiO}$ , and  $^{30}\text{SiO}$ ; in addition, we have mapped the  $J = 5-4$  SiO line. For SiS, we have detected the main species,  $^{29}\text{SiS}$ , and SiS  $v = 1$ . Unlikely other species detected in Orion KL (IRc2), the emission peak of SiS appears at a velocity of  $\approx 15.5 \text{ km s}^{-1}$ . A study of the  $5-4$  SiO line around IRc2 shows this feature as an extended component that probably arises from the interaction of the outflow with the ambient cloud. We derive an SiO/SiS column density ratio of  $\approx 13$  in the plateau component, four times lower than the cosmic O/S ratio  $\approx 48$ . In addition, we provide upper limits to the column density of several non-detected silicon-bearing species. The results of our chemical models show that while it is possible to reproduce SiO in the gas phase (as well as on the grains), SiS is a product of surface reactions, most likely involving direct reactions of sulfur with silicon.

**Key words.** surveys – stars: formation – ISM: abundances – ISM: clouds – ISM: molecules – radio lines: ISM

## 1. Introduction

The Orion BN/KL (Becklin & Neugebauer 1967; Kleinmann & Low 1967) nebula is one of the most studied star formation regions in the Milky Way. At a distance of 414 pc (Menten et al. 2007), the nebula is embedded in a giant molecular cloud harboring practically all phases of the interstellar medium, from hot and diluted plasma, to PDRs, protostellar cores, molecular outflows, SiO and H<sub>2</sub>O masering regions, high density cores, intermediate and high mass star formation, protoplanetary disks, and proplydes (see, e.g., Genzel et al. 1980; Genzel & Stutzki 1989; Wright et al. 1995; Cernicharo et al. 1990, 1994; Plambeck et al. 2009).

Together with Sgr B2, Orion BN/KL nebula exhibits a rich spectrum (see, e.g., Tercero et al. 2010, hereafter Paper I, and references therein) produced by complex organic molecules, which are formed through reactions on the grain surfaces during the collapse phase followed by evaporation when radiation from a newly formed star becomes available. The high temperature of the gas cause the molecular lines to be particularly strong in Orion, allowing several line surveys of this source over the past 20 years. Recently, we have performed a line survey towards Orion IRc2 source between 80 and 280 GHz (Paper I), limited not by sensitivity but only by line confusion. The data provide a significant number of transitions for all molecules detected so far towards this source. Although the physical structure of the Orion is rather complex, the many transitions observed for each species allows the different cloud components to be modeled and reliable physical parameters to be derived. In addition, the line survey provides deep insight into the chemistry of the Orion KL region and allows refining our knowledge of its chemical structure by searching for new molecular species and new isotopologs

\* Appendices are only available in electronic form at <http://www.aanda.org>

★★ This work was based on observations carried out with the IRAM 30-m telescope. IRAM is supported by INSU/CNRS (France), MPG (Germany), and IGN (Spain).

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

### Resultados más importantes y valoración final

El artículo presenta un estudio global de las moléculas de interés astrofísico que contienen Si. En nuestro barrido espectral fueron detectadas: SiO,  $^{29}\text{SiO}$ ,  $^{30}\text{SiO}$ , SiO  $v=1$  (la transición  $J=4-3$  por primera vez en esta fuente y mostrando emisión máser), SiS,  $^{29}\text{SiS}$  y SiS  $v=1$ . También había evidencias de la presencia de  $\text{Si}^{18}\text{O}$  y  $\text{Si}^{17}\text{O}$ , pero todas las líneas de estas especies aparecían solapadas con otras moléculas.

Gracias a la colaboración de N. Marcelino, también mostramos el mapa de la emisión de la transición  $J=5-4$  de SiO en distintas velocidades radiales. En él, se distinguen las distintas componentes de Orión KL, siendo particularmente interesante las velocidades extremas donde aparece la emisión causada por la componente del “plateau”. Con este mapa obtuvimos unos tamaños angulares de la fuente de entre  $16''$  para las velocidades centrales y  $23''$  para las velocidades extremas.

El análisis de las componentes gaussianas de las líneas detectadas nos llevó a observar que el pico de la emisión de SiS tenía una velocidad radial distinta a cualquier otra molécula detectada en Orión KL-IRc2, siendo esta velocidad de unos  $15.5 \text{ km s}^{-1}$ . Por esta circunstancia, analizamos los espectros de SiO en distintas posiciones alrededor de IRc2, viendo que en una posición centrada en  $\Delta\alpha = -7''$ ,  $\Delta\delta = 7''$  con respecto a IRc2 y con un radio de unos  $5''$ , la velocidad del pico de la emisión de SiO era  $15.5 \text{ km s}^{-1}$ . También realizamos un análisis de la velocidad del pico de emisión de distintas moléculas ( $\text{A}^+-\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{P-H}_2\text{CO}$ ,  $\text{HC}^{15}\text{N}$ ,  $\text{HC}_3\text{N}$ ,  $\text{HCO}^+$ ,  $\text{OCS}$ , SiO, SO,  $^{34}\text{SO}$  y  $\text{SO}_2$ ) en una posición desplazada ( $-15''$ ,  $15''$ ) con respecto a la posición de apuntado de nuestro barrido espectral (IRc2), mostrando que únicamente las moléculas con fuerte emisión proveniente del “plateau” contaban con la característica espectral de emisión a  $v_{\text{LSR}} = 15.5 \text{ km s}^{-1}$ . Así, concluimos que esta característica espectral podía ser debida a la emisión proveniente de una zona de interacción entre la nube ambiente y los choques de los flujos que manan de la protoestrella. Recientemente, Paul F. Goldsmith y M. Kaufman han dado una interpretación similar de la emisión de  $\text{O}_2$  en Orión (ver Goldsmith et al., 2011 y Kaufman et al., 2011).

El mismo procedimiento explicado en la sección anterior se llevó a cabo para el cálculo de las propiedades físicas de las componentes que en este caso nos ocupaban y de las densidades de columna de las especies que aquí nos interesan, mostrando parámetros físicos para la característica espectral a  $15.5 \text{ km s}^{-1}$  descrita en este artículo por primera vez. También obtuvimos límites superiores para la densidad de columna de las siguientes moléculas que contienen Si no detectadas en nuestro barrido espectral: SiC,  $\text{SiC}_2$ ,  $\text{c-SiC}_3$ ,  $\text{SiC}_4$ , SiN, SiCN, SiNC,  $\text{ob-SiC}_3$ ,  $\text{l-SiC}_3$ ,  $\text{Si}_3$ , SiCCO, SiCCS,  $\text{o-SiH}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CSi}$  (orto y para),  $\text{mb-Si}_2\text{H}_2$  y  $\text{o-db-Si}_2\text{H}_2$ .

El código de transporte de radiación de J. Cernicharo citado y explicado con anterioridad también nos permite estudiar las regiones responsables de emisiones máser. Al tener dos transiciones de SiO  $v = 1$  con efecto máser, pudimos obtener parámetros físicos y químicos para dicho gas.

La colaboración con S. Viti fue fructífera para investigar de manera cualitativa el origen de la emisión de SiO y SiS en Orión KL. El modelo químico UCL-CHEM desarrollado por S. Viti y M. Lerate realiza cálculos sobre la química de una región de gas y granos de polvo teniendo en cuenta la dependencia temporal y las opacidades. En estos modelos se introducen los valores de la densidad de hidrógeno que hemos obtenido para la región en la que se quiere trabajar y, a continuación, se ajustan distintos parámetros y condiciones (abundancias atómicas iniciales, proporción de gas depositado en los granos durante la formación del núcleo, posibilidad de choques y/o los “branching ratios” de las reacciones de superficie relevantes para la formación

de SiO y SiS) para obtener los valores de las densidades de columna y compararlos con los valores observados.

En el Apéndice A de este artículo se muestra parte del trabajo aportado gracias a la colaboración de L. Vincent. Se trata de un estudio sobre la influencia de los coeficientes de colisión sobre el modelo realizado para las líneas de SiO y SiS.

Además de los cálculos de las densidades de columna, podemos destacar los siguientes resultados:

- Detección de la transición  $J = 4-3$  de SiO  $v = 1$  mostrando emisión máser por primera vez en Orión KL.
- Detección de la característica espectral con  $v_{LSR} = 15.5 \text{ km s}^{-1}$ , centrada en una posición  $\Delta\alpha = -7''$ ,  $\Delta\delta = 7''$  con respecto a IRc2, descrita y analizada en este artículo por primera vez.
- Obtención de los parámetros físicos para la componente con  $v_{LSR} = 15.5 \text{ km s}^{-1}$ :  $T_K=200 \text{ K}$ ,  $n(\text{H}_2)=5\times 10^6 \text{ cm}^{-3}$  y  $\Delta v=7.5 \text{ km s}^{-1}$ .
- Obtuvimos los siguientes resultados para el gas responsable de la emisión máser:  $n(\text{H}_2)$  de hasta  $10^8 \text{ cm}^{-3}$ , tamaño de unas 100 AU (alrededor de la fuente I),  $T_k = 600\text{-}800 \text{ K}$ . Estos resultados conllevan una abundancia de SiO en la región de  $10^{-4}$ .
- Se obtuvieron las siguientes relaciones de las densidades de columna:  $N(^{29}\text{SiO})/N(^{30}\text{SiO}) = 1.7 \pm 0.6$  (similar al valor del sistema solar),  $N(\text{Si}^{18}\text{O})/N(\text{Si}^{17}\text{O}) \geq 239$ ,  $N(^{28}\text{SiS})/N(^{29}\text{SiS}) = 26 \pm 10$  (cercano al valor del sistema solar).
- Se obtienen las siguientes relaciones entre densidades de columna en la componente del “plateau”:  $N(\text{SiO})/N(\text{SiS}) \simeq 13$  y  $N(^{29}\text{SiO})/N(^{29}\text{SiS}) \simeq 25$ , siendo 3.5 y 2 veces menores que la relación cósmica O/S.
- La temperatura de vibración obtenida para SiS en la componente de  $15.5 \text{ km s}^{-1}$  es más del doble de la temperatura cinética promediada para la componente, lo que indica una región más caliente e interna que emite SiS  $v=1$ , sugiriendo que la temperatura de excitación varía a lo largo de la componente de  $15.5 \text{ km s}^{-1}$ .
- Los modelos químicos adaptados a las condiciones físicas y químicas derivadas de nuestros datos, muestran que mientras sí que es posible reproducir SiO en diversos escenarios, tanto en la fase gaseosa como en los granos de polvo, SiS es un producto de las reacciones en las superficies de los granos de polvo, involucrando, mayoritariamente, reacciones directas de azufre con silicio.

Al igual que en el artículo anterior, en este trabajo se han obtenido nuevos resultados que contribuyen a mejorar nuestro conocimiento del medio interestelar, aportando una visión más amplia y detallada de la región que nos ocupa.

## Capítulo 7

# Barrido espectral sobre Orión KL con el telescopio espacial Herschel

En este capítulo se analiza el estado actual de la investigación concerniente al barrido espectral sobre Orión KL centrándonos en las moléculas que han sido presentadas. Para ello, mostraremos datos del Instrumento Heterodino para el Infrarrojo Lejano (HIFI), a bordo del telescopio espacial Herschel, que complementan y respaldan los análisis de los datos expuestos en las publicaciones presentadas en el capítulo anterior.

### 7.1 Introducción

El Observatorio Espacial Herschel (ver Pilbratt et al., 2010) fue lanzado al espacio el 14 de mayo de 2009 a bordo de un Ariane 5. Este observatorio espacial cubre completamente el infrarrojo lejano y longitudes de onda submilimétricas (55 - 671  $\mu\text{m}$ ), algo totalmente imposible para los observatorios en la Tierra. Como comúnmente ocurre con todos los telescopios, el programa de observaciones se elige mediante un comité que evalúa las propuestas de astrónomos de todo el mundo. Sin embargo, se programaron ciertos proyectos con un tiempo garantizado (32 % del total) debido al interés que suscitaban dichos proyectos para toda la comunidad. Entre ellos se encuentra HEXOS (*Herschel* observations of EXtra-Ordinary Sources, ver Bergin et al., 2010) que consiste, principalmente, en completar las observaciones de Orión KL, Sgr B2(N), SgrB2(M), Orión S y la barra de Orión en todas las frecuencias disponibles con el instrumento HIFI (desde 480 a 1900 GHz, ver de Graauw et al., 2010, para la descripción de este instrumento). El barrido espectral de amplias regiones del espectro electromagnético con una sensibilidad uniforme suponía, hasta ahora, la utilización de muchas horas de observación debido a limitaciones de los observatorios terrestres: anchura de la banda muy limitado, sintonización de los receptores, errores en la calibración debido a variaciones atmosféricas, distinta calibración entre bandas o errores de apuntado. El instrumento *Herschel*/HIFI nos libera de estos problemas; está construido para observar grandes regiones del espectro con la mayor sensibilidad conseguida hasta la fecha en un telescopio espacial y a alta resolución ( $\lambda/\Delta\lambda > 10^6$ ). Los principales objetivos del programa HEXOS son: (1) definir el espectro submilimétrico del gas denso y caliente; (2) permitir estudiar la química y obtener un censo actualizado de las propiedades físicas del gas alrededor de zonas de formación estelar en distintos estados evolutivos y sometidos a una gran variedad de procesos físicos; (3) explorar las condiciones físicas a través de las observaciones de cientos de líneas de una misma molécula; (4) utilizar las líneas de alta excitación para derivar el estado físico y químico del gas en las zonas más internas de las estrellas masivas recién formadas; y (5) buscar el espectro de nuevos constituyentes moleculares y la potencial identificación de transiciones de estados “bending” de hidrocarburos policíclicos aromáticos. Como vemos, muchos de estos objetivos son comunes a las motivaciones que nos llevaron a realizar nuestro barrido espectral, lo que nos demuestra que todas estas cuestiones siguen abiertas y en plena actualidad.

El barrido espectral en Orión KL con *Herschel*/HIFI desde  $\simeq 480$  GHz hasta 1900 GHz (salvo algunas zonas no cubiertas por HIFI, se observaron en total más de 1000 GHz, ver Fig.

7.1) llevó un tiempo de unas 45 h (incluyendo dos apuntados distintos en las bandas 6 y 7, desde 1410 a 1910 GHz) obteniendo la relación señal/ruido deseada y con una resolución de  $\simeq 1$  MHz. Por comparación, nuestros 168 GHz de barrido espectral en la misma fuente, obteniendo una relación señal/ruido similar y con la misma resolución nos llevó 60 h sin tener en cuenta el tiempo ocupado por todas las nuevas sintonizaciones cada vez que debíamos cambiar de frecuencia o las pérdidas de tiempo debidas a las condiciones climatológicas.

## 7.2 Observaciones

A continuación daremos una muy breve y técnica descripción de las observaciones.

Las observaciones con el instrumento HIFI se llevaron a cabo en marzo y abril de 2010 con el modo “dual beam-switch” (DBS) apuntando hacia el núcleo caliente de Orión KL, con las coordenadas:  $\alpha_{J2000} = 5^h 35^m 14.3^s$  y  $\delta_{J2000} = -5^\circ 22' 33.6''$ . Todas las observaciones fueron obtenidas con un tamaño del haz del telescopio de  $\simeq (22 / \nu_{THz})''$  con el haz de referencia situado  $3'$  al Este y al Oeste (prácticamente ortogonales al ‘*ridge*’ *extenso* de Orión, ver Ungerechts et al., 1997). Fue utilizado el espectrómetro de ancha banda con una resolución espectral de 1.1 MHz sobre 4 GHz de anchura de la banda. Ambas polarizaciones (H y V) fueron obtenidas y reducidas usando HIPE (Ott, 2010). Las observaciones se redujeron y convirtieron en banda simple de la manera descrita por Bergin et al. (2010). Los datos se muestran en  $T_{mb}$  (ver Olberg, 2010, para los valores de la eficiencia del haz). El ruido en el centro de la banda 1a (a 520 GHz) es de 20 mK y 67 mK en la banda 4b (a 1080 GHz), obtenido con una resolución en velocidad de 1 km s $^{-1}$  y con una eficiencia del haz principal de 0.7 ( $\eta_{mb}$ ).

## 7.3 Primera aproximación a los datos de Herschel

Al igual que como pasaba con nuestro barrido espectral con el telescopio de 30 m de IRAM, para aproximarse a los resultados de Herschel hay que proceder molécula a molécula ya que la gran cantidad de observaciones hace imposible un análisis global (al menos en la actualidad). El trabajo que hemos mostrado hasta ahora complementa y completa los futuros resultados que serán interpretados con los datos obtenidos por HEXOS. Así, en la actualidad, contamos con un barrido espectral completo de las ventanas milimétricas (IRAM 30 m), de las submilimétricas y del infrarrojo lejano (*Herschel*/HIFI). Los objetivos científicos de ambos barridos se amplían y mejoran al juntar ambas observaciones.

La manera más lógica de afrontar nuestra primera aproximación con los datos del telescopio espacial era realizar un trabajo análogo al ya publicado con el telescopio de IRAM. De esta manera, nos enfrentamos a 1 000 GHz de observaciones para buscar todas las transiciones, isotopólogos y estados vibracionales de las moléculas de CS, OCS, SiO y SiS presentes en el rango de frecuencias dado por HIFI. Una vez encontradas, modelizaremos las observaciones de Herschel y de IRAM conjuntamente (con nuestro código de transporte de radiación del que ya hemos hablado ampliamente en previos capítulos), mejorando sustancialmente los parámetros físicos y químicos derivados para la región.

## 7.4 Resultados - CS en las frecuencias de HIFI

Hemos detectado monosulfuro de carbono C $^{32}$ S, C $^{34}$ S,  $^{13}$ CS, y C $^{33}$ S en el nivel fundamental; sulfuro de carbonilo OCS y OC $^{34}$ S en el fundamental; el estado fundamental

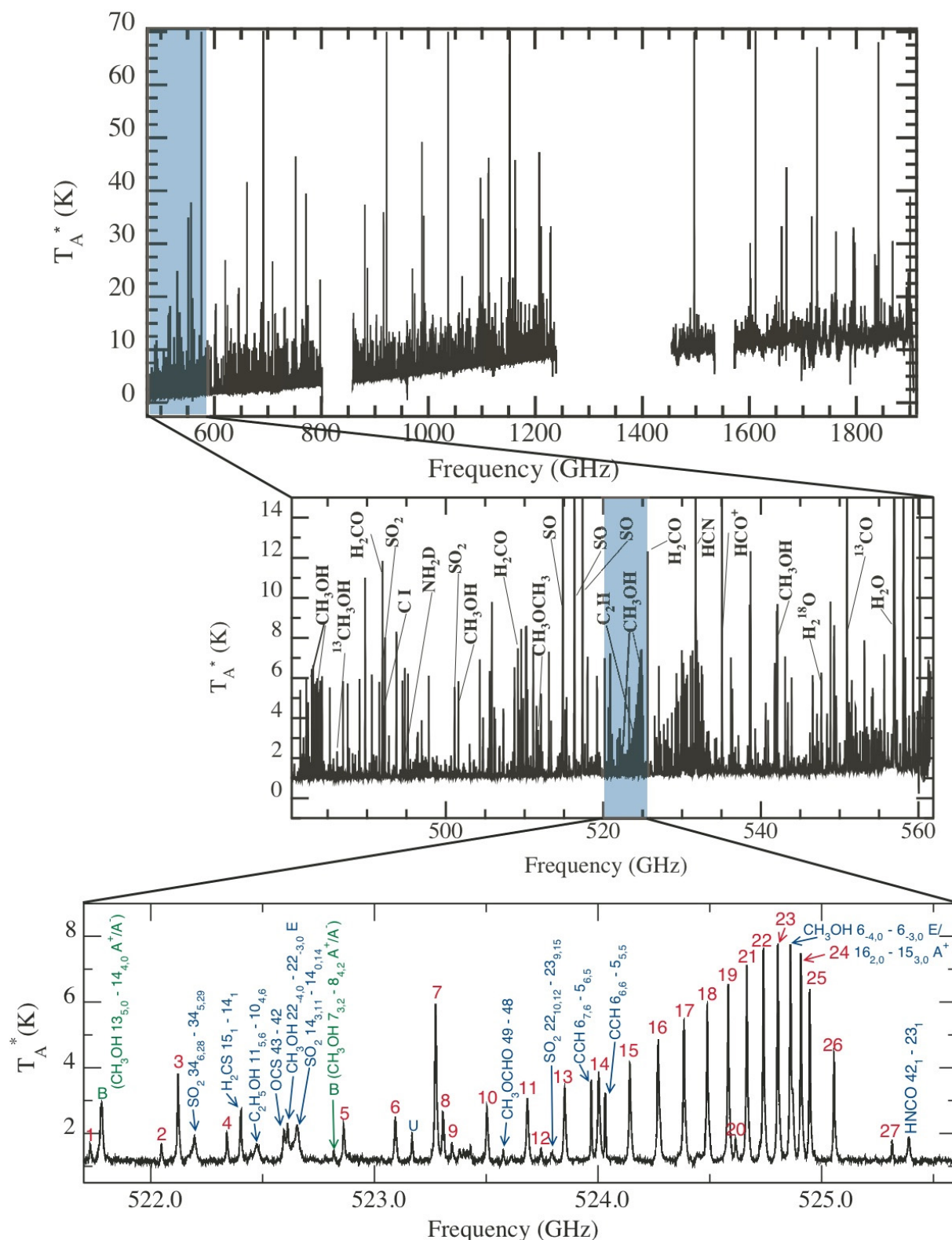


FIGURA 7.1: Barrido espectral completo sobre Orión KL realizado con el instrumento HIFI a bordo del Observatorio Espacial Herschel (excepto bandas 3a y 5b, panel superior). La figura de en medio muestra la banda 1a mostrando las moléculas responsables de algunas líneas identificadas. La figura inferior muestra un zoom en frecuencia donde aparece una banda de metanol. Los números rojos indican transiciones aisladas de metanol, en verde se indican transiciones de metanol solapadas y en azul vemos transiciones de otras moléculas. Fuente Nathan R. Crockett et al. Contribución oral en el IAU Symposium N° 280 celebrado en Toledo del 30 de Mayo al 3 de Junio de 2011.



de monóxido de silicio SiO,  $^{29}\text{SiO}$ , y  $^{30}\text{SiO}$ ; y monosulfuro de silicio, SiS  $v=0$ .  $^{13}\text{C}^{34}\text{S}$ ,  $\text{O}^{13}\text{CS}$ ,  $\text{OCS } \nu_2=1$ ,  $\text{Si}^{18}\text{O}$ , SiO  $v=1$ ,  $^{29}\text{SiS}$ ,  $\text{Si}^{34}\text{S}$ , y SiS  $v=1$  tan sólo han sido tentativamente detectados. Debido al alto solapamiento con otras moléculas, la poca intensidad de las líneas y/o las altas energías involucradas, no hemos podido encontrar otras sustituciones isotópicas u otros estados vibracionalmente excitados de estas moléculas. Siguiendo la idea de mostrar en esta sección tan sólo un estado actual de la investigación, no vamos a analizar todas las detecciones presentadas, sino que nos centraremos en CS y sus isotopólogos.

Las frecuencias de las líneas de CS y sus isotopólogos y los parámetros observacionales obtenidos los mostramos en la Tabla 7.1. Las constantes espectroscópicas para CS y  $\text{C}^{34}\text{S}$  han sido tomadas de Gottlieb et al. (2003) y aquellas de  $^{13}\text{CS}$ ,  $\text{C}^{33}\text{S}$ , y  $^{13}\text{C}^{34}\text{S}$  de Ahrens & Winnewisser (1998). El momento dipolar ( $\mu = 1.958 \text{ D}$ ) es de Winnewisser & Cook (1968).

TABLA 7.1: LÍNEAS DE CS Y SUS ISOTOPÓLOGOS

Especie/ Transición $J'' \rightarrow J'$	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	$v_{LSR}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$\Delta v$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	$T_{MB}$ (K)	$\int T_{MB} dv$ ( $\text{K km s}^{-1}$ )
CS 10 $\rightarrow$ 9	489750.92	129.3	10.0	9.1 <sup>(1)</sup>	...	15.2 <sup>(2)</sup>	...
				9.329 $\pm$ 0.014	3.98 $\pm$ 0.05	6.11	25.9 $\pm$ 0.6
				9.22 $\pm$ 0.08	29.8 $\pm$ 0.3	4.07	129 $\pm$ 2
				7.73 $\pm$ 0.06	13.5 $\pm$ 0.2	4.77	68 $\pm$ 2
CS 11 $\rightarrow$ 10 <sup>(3)</sup>	538689.00	155.2	11.0	9.1 <sup>(1)</sup>	...	16.4 <sup>(2)</sup>	...
				9.28 $\pm$ 0.10	4.2 $\pm$ 0.4	5.85	26 $\pm$ 4
				9.1 $\pm$ 0.6	27 $\pm$ 2	5.47	160 $\pm$ 20
				7.3 $\pm$ 0.4	14 $\pm$ 2	4.98	72 $\pm$ 18
CS 12 $\rightarrow$ 11 <sup>(4)</sup>	587616.50	183.4	12.0	8.9 <sup>(1)</sup>	...	15.7 <sup>(2)</sup>	...
				9.19 $\pm$ 0.02	5.11 $\pm$ 0.06	5.49	29.9 $\pm$ 0.5
				6.204 $\pm$ 0.011	18.17 $\pm$ 0.10	8.65	167.4 $\pm$ 0.6
CS 13 $\rightarrow$ 12	636532.46	213.9	13.0	8.6 <sup>(1)</sup>	...	13.1 <sup>(2)</sup>	...
				9.63 $\pm$ 0.06	6.2 $\pm$ 0.2	4.09	27 $\pm$ 1
				8.84 $\pm$ 0.12	25.3 $\pm$ 0.3	5.61	151 $\pm$ 3
				6.01 $\pm$ 0.14	12.5 $\pm$ 0.3	3.49	47 $\pm$ 1
CS 14 $\rightarrow$ 13	685435.92	246.8	14.0	8.5 <sup>(1)</sup>	...	14.2 <sup>(2)</sup>	...
				9.06 $\pm$ 0.04	4.4 $\pm$ 0.2	3.05	14.3 $\pm$ 0.8
				8.86 $\pm$ 0.12	27.7 $\pm$ 0.3	5.17	152.4 $\pm$ 0.9
				6.75 $\pm$ 0.10	13.13 $\pm$ 0.10	6.15	86 $\pm$ 1
CS 15 $\rightarrow$ 14 <sup>(5)</sup>	734325.93	282.0	15.0	8.5 <sup>(1)</sup>	...	12.7 <sup>(2)</sup>	...
				9.11 $\pm$ 0.07	5.3 $\pm$ 0.2	3.46	20 $\pm$ 1
				8.3 $\pm$ 0.2	21.9 $\pm$ 0.4	8.25	192 $\pm$ 2
				4.248 $\pm$ 0.013	7.4 $\pm$ 0.6	1.89	15 $\pm$ 2
CS 16 $\rightarrow$ 15 <sup>(6)</sup>	783201.52	319.6	16.0	8.3 <sup>(1)</sup>	...	11.9 <sup>(2)</sup>	...
				9.00 $\pm$ 0.04	6.28 $\pm$ 0.12	4.12	27.6 $\pm$ 0.8
				8.20 $\pm$ 0.07	22.7 $\pm$ 0.2	6.07	147 $\pm$ 2
				3.990 $\pm$ 0.013	8.8 $\pm$ 0.2	3.03	29 $\pm$ 1
CS 17 $\rightarrow$ 16	832061.85	359.6	17.0	7.9 <sup>(1)</sup>	...	10.9 <sup>(2)</sup>	...
				9.29 $\pm$ 0.08	6.6 $\pm$ 0.2	2.43	16.9 $\pm$ 0.7
				8.92 $\pm$ 0.10	23.8 $\pm$ 0.2	4.74	120 $\pm$ 2
				5.589 $\pm$ 0.006	11.4 $\pm$ 0.2	4.21	51 $\pm$ 2
CS 18 $\rightarrow$ 17	880905.59	401.8	18.0	7.8 <sup>(1)</sup>	...	9.77 <sup>(2)</sup>	...
				8.80 $\pm$ 0.09	6.3 $\pm$ 0.2	2.49	16 $\pm$ 1

Continúa en la siguiente página.

TABLA 7.1: LÍNEAS DE CS Y SUS ISOTOPÓLOGOS

Especie/ Transición $J'' \rightarrow J'$	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	$v_{LSR}$ (km s <sup>-1</sup> )	$\Delta v$ (km s <sup>-1</sup> )	$T_{MB}$ (K)	$\int T_{MB} dv$ (K km s <sup>-1</sup> )
CS 19 $\rightarrow$ 18	929732.16	446.5	19.0	8.65 $\pm$ 0.11	23.0 $\pm$ 0.2	4.26	104 $\pm$ 2
				4.91 $\pm$ 0.08	10.5 $\pm$ 0.2	3.78	42.4 $\pm$ 0.9
				7.3 <sup>(1)</sup>	...	9.43 <sup>(2)</sup>	...
				8.3 $\pm$ 0.2	6.8 $\pm$ 0.4	3.71	27 $\pm$ 2
				8.1 $\pm$ 0.2	21.5 $\pm$ 0.5	4.32	99 $\pm$ 4
CS 20 $\rightarrow$ 19 <sup>(7)</sup>	978540.46	493.4	20.0	3.50 $\pm$ 0.07	8.4 $\pm$ 0.7	2.49	22 $\pm$ 2
				7.3 <sup>(1)</sup>	...	8.65 <sup>(2)</sup>	...
				10.17 $\pm$ 0.11	21.9 $\pm$ 0.3	3.02	70.2 $\pm$ 0.5
CS 21 $\rightarrow$ 20	1027329.55	542.7	21.0	6.40 $\pm$ 0.03	9.61 $\pm$ 0.09	5.46	55.9 $\pm$ 0.8
				7.3 <sup>(1)</sup>	...	7.47 <sup>(2)</sup>	...
				8.4 $\pm$ 0.3	24.9 $\pm$ 0.6	2.93	78 $\pm$ 3
				7.82 $\pm$ 0.11	6.4 $\pm$ 0.3	3.50	23.8 $\pm$ 0.2
CS 22 $\rightarrow$ 21	1076098.45	594.4	22.0	3.3 $\pm$ 0.2	7.8 $\pm$ 0.9	2.16	18 $\pm$ 2
				7.1 <sup>(1)</sup>	...	6.99 <sup>(2)</sup>	...
				9.6 $\pm$ 0.2	23.4 $\pm$ 0.3	2.01	50 $\pm$ 2
				7.84 $\pm$ 0.08	5.5 $\pm$ 0.2	1.92	11.2 $\pm$ 0.6
CS 23 $\rightarrow$ 22	1124846.21	648.4	23.0	5.233 $\pm$ 0.005	10.2 $\pm$ 0.2	3.43	37 $\pm$ 1
				7.1 <sup>(1)</sup>	...	5.75 <sup>(2)</sup>	...
				8.683 $\pm$ 0.006	22.6 $\pm$ 0.3	1.94	46.8 $\pm$ 0.9
				7.84 $\pm$ 0.11	4.7 $\pm$ 0.2	1.63	8.2 $\pm$ 0.7
CS 24 $\rightarrow$ 23 <sup>(8)</sup>	1173571.87	704.7	24.0	5.08 $\pm$ 0.09	10.0 $\pm$ 0.3	2.71	28.82 $\pm$ 0.03
				7.4 <sup>(1)</sup>	...	5.09 <sup>(2)</sup>	...
				10.3 $\pm$ 0.2	19.7 $\pm$ 0.6	1.78	37.2 $\pm$ 0.8
				7.62 $\pm$ 0.09	5.0 $\pm$ 0.2	2.13	11.4 $\pm$ 0.6
CS 25 $\rightarrow$ 24	1222274.48	763.4	25.0	4.03 $\pm$ 0.06	8.7 $\pm$ 0.2	1.98	18.4 $\pm$ 0.3
				7.4 <sup>(1)</sup>	...	4.44 <sup>(2)</sup>	...
				7.7 $\pm$ 0.2	4.1 $\pm$ 0.4	1.11	5 $\pm$ 1
				6.1 $\pm$ 0.2	10.7 $\pm$ 0.3	3.36	38 $\pm$ 2
C <sup>34</sup> S 10 $\rightarrow$ 9	481915.81	127.2	10.0	8.4 <sup>(1)</sup>	...	2.79 <sup>(2)</sup>	...
				8.57 $\pm$ 0.05	4.0 $\pm$ 0.2	1.41	6.0 $\pm$ 0.4
C <sup>34</sup> S 11 $\rightarrow$ 10	530071.55	152.7	11.0	7.86 $\pm$ 0.12	12.2 $\pm$ 0.4	1.34	17.5 $\pm$ 0.5
				8.3 <sup>(1)</sup>	...	2.98 <sup>(2)</sup>	...
				9.4 $\pm$ 0.5	7.1 $\pm$ 0.5	0.76	5.8 $\pm$ 0.3
C <sup>34</sup> S 12 $\rightarrow$ 11 <sup>(9)</sup>	578217.05	180.4	12.0	8.4 $\pm$ 0.2	3.7 $\pm$ 0.5	0.98	3.8 $\pm$ 0.3
				6.4 $\pm$ 0.2	10.0 $\pm$ 0.8	1.36	14.4 $\pm$ 0.7
				8.0 <sup>(1)</sup>	...	3.47 <sup>(2)</sup>	...
				8.64 $\pm$ 0.09	4.0 $\pm$ 0.2	1.71	7.2 $\pm$ 0.2
C <sup>34</sup> S 13 $\rightarrow$ 12	626351.39	210.5	13.0	6.1 $\pm$ 0.2	7.4 $\pm$ 0.3	1.36	10.78 $\pm$ 0.07
				7.7 <sup>(1)</sup>	...	3.42 <sup>(2)</sup>	...
				8.18 $\pm$ 0.08	4.0 $\pm$ 0.3	1.26	5.4 $\pm$ 0.7
C <sup>34</sup> S 14 $\rightarrow$ 13 <sup>(10)</sup>	674473.62	242.9	14.0	6.71 $\pm$ 0.12	10.1 $\pm$ 0.2	1.75	19 $\pm$ 1
				7.7 <sup>(1)</sup>	...	3.50 <sup>(2)</sup>	...
				8.19 $\pm$ 0.08	4.77 $\pm$ 0.11	1.58	8.0 $\pm$ 0.3
C <sup>34</sup> S 15 $\rightarrow$ 14 <sup>(11)</sup>	722582.81	277.5	15.0	5.900 $\pm$ 0.012	7.2 $\pm$ 0.4	0.95	7.3 $\pm$ 0.5
C <sup>34</sup> S 16 $\rightarrow$ 15 <sup>(12)</sup>	770678.05	314.5	16.0	7.4 <sup>(1)</sup>	...	4.58 <sup>(2)</sup>	...
				7.4 <sup>(1)</sup>	...	3.13 <sup>(2)</sup>	...
				7.94 $\pm$ 0.02	4.99 $\pm$ 0.08	1.81	9.6 $\pm$ 0.3

Continúa en la siguiente página.

TABLA 7.1: LÍNEAS DE CS Y SUS ISOTOPÓLOGOS

Especie/ Transición $J'' \rightarrow J'$	Frecuencia en reposito (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	$v_{LSR}$ (km s <sup>-1</sup> )	$\Delta v$ (km s <sup>-1</sup> )	$T_{MB}$ (K)	$\int T_{MB} dv$ (K km s <sup>-1</sup> )
<sup>13</sup> CS 17→16	818758.40	353.8	17.0	3.14±0.02	9.89±0.09	1.68	17.6±0.6
				7.4 <sup>(1)</sup>	...	2.85 <sup>(2)</sup>	...
				7.71±0.06	3.2±0.2	0.80	2.8±0.3
				6.63±0.05	8.70±0.13	1.87	17.3±0.3
<sup>13</sup> CS 18→17 <sup>(13)</sup>	866822.92	395.4	18.0	7.4 <sup>(1)</sup>	...	2.60 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 19→18 <sup>(13)</sup>	914870.69	439.3	19.0	7.5 <sup>(1)</sup>	...	2.68 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 20→19 <sup>(14)</sup>	962900.77	485.5	20.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> CS 21→20 <sup>(15)</sup>	1010912.24	534.1	21.0	6.9 <sup>(1)</sup>	...	2.44 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 22→21 <sup>(16)</sup>	1058904.17	584.9	22.0	6.1 <sup>(1)</sup>	...	2.98 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 23→22 <sup>(17)</sup>	1106875.62	638.0	23.0	6.9 <sup>(1)</sup>	...	1.48 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 24→23	1154825.67	693.4	24.0	7.39±0.12	2.3±0.2	0.58	1.43±0.15
				6.25±0.09	5.0±0.2	1.01	5.44±0.05
				6.2±0.2	5.4±0.5	0.88	5.1±0.5
<sup>13</sup> CS 25→24	1202753.39	751.2	25.0	6.7±0.2	4.4±0.5	0.92	4.3±0.4
<sup>13</sup> CS 11→10	508534.76	146.5	11.0	8.0 <sup>(1)</sup>	...	1.93 <sup>(2)</sup>	...
				8.30±0.03	18.8±0.9	0.24	4.8±0.3
				8.17±0.03	4.16±0.15	0.92	4.1±0.3
				6.76±0.14	10.0±0.3	0.73	7.8±0.5
<sup>13</sup> CS 12→11 <sup>(18)</sup>	554725.79	173.1	12.0	7.6 <sup>(1)</sup>	...	2.10 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 13→12 <sup>(19)</sup>	600906.54	201.9	13.0	7.4 <sup>(1)</sup>	...	3.69 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 14→13 <sup>(20)</sup>	647076.16	233.0	14.0	7.481±0.002	6.49±0.04	1.58	10.91±0.09
				...	...	...	...
<sup>13</sup> CS 15→14 <sup>(21)</sup>	693233.79	266.3	15.0	7.2 <sup>(1)</sup>	...	2.44 <sup>(2)</sup>	...
<sup>13</sup> CS 16→15	739378.57	301.7	16.0	7.39±0.06	4.2±0.2	1.01	4.4±0.4
				5.5±0.2	12.8±0.4	1.48	20.1±0.6
				7.2 <sup>(1)</sup>	...	1.76 <sup>(2)</sup>	...
				7.66±0.07	2.8±0.2	0.57	1.7±0.2
<sup>13</sup> CS 17→16	785509.65	339.4	17.0	5.97±0.09	8.2±0.3	1.15	10.0±0.4
				7.4 <sup>(1)</sup>	...	1.69 <sup>(2)</sup>	...
				7.45±0.11	3.7±0.4	0.82	3.2±0.7
<sup>13</sup> CS 18→17	831626.16	379.4	18.0	6.53±0.12	9.5±0.6	0.86	8.7±0.6
				7.0 <sup>(1)</sup>	...	1.59 <sup>(2)</sup>	...
				7.76±0.15	3.2±0.2	0.65	2.22±0.04
				6.9±0.5	15±2	0.35	5.4±0.7
<sup>13</sup> CS 19→18	877727.26	421.5	19.0	5.4±0.2	5.5±0.5	0.73	4.3±0.6
				6.9 <sup>(1)</sup>	...	1.48 <sup>(2)</sup>	...
				7.24±0.12	3.4±0.4	0.57	2.0±0.5
<sup>13</sup> CS 20→19	923812.09	465.8	20.0	6.56±0.10	7.6±0.4	0.91	7.4±0.5
				6.9 <sup>(1)</sup>	...	1.33 <sup>(2)</sup>	...
				7.37±0.13	3.4±0.3	0.69	2.5±0.7
<sup>13</sup> CS 21→20 <sup>(10)</sup>	969879.78	512.4	21.0	5.8±0.3	6.4±0.4	0.66	4.5±0.7
				6.6 <sup>(1)</sup>	...	1.13 <sup>(2)</sup>	...
				7.33±0.13	4.7±0.5	0.68	3.4±0.7
<sup>13</sup> CS 22→21	1015929.49	561.1	22.0	5.7±0.5	10.6±0.5	0.43	4.9±0.7
				6.84±0.05	4.11±0.12	0.84	3.68±0.12
<sup>13</sup> CS 23→22 <sup>(22)</sup>	1061960.35	612.1	23.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> CS 24→23 <sup>(23)</sup>	1107971.52	665.3	24.0	...	...	...	...

Continúa en la siguiente página.

TABLA 7.1: LÍNEAS DE CS Y SUS ISOTOPÓLOGOS

Especie/ Transición $J'' \rightarrow J'$	Frecuencia en reposito (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	$v_{LSR}$ (km s <sup>-1</sup> )	$\Delta v$ (km s <sup>-1</sup> )	$T_{MB}$ (K)	$\int T_{MB} dv$ (K km s <sup>-1</sup> )
<sup>13</sup> CS 25→24	1153962.12	720.7	25.0	6.73±0.15	4.3±0.4	0.69	3.2±0.2
<sup>13</sup> CS 26→25 <sup>(24)</sup>	1199931.32	778.2	26.0	7.0±0.2	5.6±0.6	0.55	3.3±0.4
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 10→9 <sup>(25)</sup>	485708.98	128.2	10.0	7.9 <sup>(1)</sup>	...	1.24 <sup>(2)</sup>	...
				8.14±0.06	3.2±0.2	0.39	1.3±0.2
				7.3380±0.0010	9.0±0.2	0.83	8.0±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 11→10 <sup>(26)</sup>	534243.48	153.9	11.0	7.9 <sup>(1)</sup>	...	1.71 <sup>(2)</sup>	...
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 12→11 <sup>(27)</sup>	582767.57	181.8	12.0	7.8 <sup>(1)</sup>	...	1.54 <sup>(2)</sup>	...
				8.09±0.15	11.9±0.4	0.72	9.1±0.2
				7.54±0.07	3.7±0.2	0.70	2.7±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 13→12	631280.32	212.1	13.0	7.5 <sup>(1)</sup>	...	1.48 <sup>(2)</sup>	...
				7.62±0.06	3.6±0.2	0.71	2.7±0.3
				6.62±0.10	9.3±0.3	0.73	7.3±0.3
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 14→13 <sup>(28)</sup>	679780.78	244.8	14.0	7.3 <sup>(1)</sup>	...	1.69 <sup>(2)</sup>	...
				7.09±0.04	4.65±0.12	1.30	6.4±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 15→14	728268.00	279.7	15.0	7.5 <sup>(1)</sup>	...	1.47 <sup>(2)</sup>	...
				7.34±0.05	4.0±0.2	0.30	3.4±0.4
				6.14±0.12	10.0±0.4	0.62	6.6±0.4
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 16→15	776741.03	317.0	16.0	7.2 <sup>(1)</sup>	...	1.33 <sup>(2)</sup>	...
				7.79±0.08	3.20±0.12	0.59	2.01±0.05
				5.9±0.2	6.4±0.3	0.85	5.9±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 17→16	825198.94	356.6	17.0	7.3 <sup>(1)</sup>	...	1.44 <sup>(2)</sup>	...
				7.55±0.09	3.8±0.3	0.68	2.7±0.5
				6.0±0.2	8.4±0.4	0.70	6.4±0.5
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 18→17 <sup>(29)</sup>	873640.78	398.5	18.0	...	...	...	...
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 19→18 <sup>(30)</sup>	922065.59	442.8	19.0	7.5 <sup>(1)</sup>	...	2.25 <sup>(2)</sup>	...
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 20→19	970472.44	489.4	20.0	7.1 <sup>(1)</sup>	...	0.93 <sup>(2)</sup>	...
				7.08±0.11	2.3±0.2	0.40	1.0±0.2
				6.59±0.13	7.8±0.4	0.56	4.6±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 21→20	1018860.38	538.3	21.0	6.9 <sup>(1)</sup>	...	0.90 <sup>(2)</sup>	...
				7.4±0.2	3.2±0.5	0.43	1.5±0.6
				5.6±0.4	6.4±0.4	0.54	3.7±0.6
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 22→21	1067228.47	589.5	22.0	6.2±0.2	5.3±0.3	0.59	3.3±0.2
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 23→22	1115575.75	643.0	23.0	6.9 <sup>(1)</sup>	...	0.70 <sup>(2)</sup>	...
				6.89±0.11	2.5±0.3	0.68	1.8±0.2
				3.8±0.2	1.4±0.4	0.29	0.43±0.14
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 24→23	1163901.28	698.9	24.0	6.8±0.3	5±1	0.51	2.9±0.4
<sup>C</sup> <sup>33</sup> S 25→24	1212204.13	757.1	25.0	6.2±0.2	2.3±0.4	0.43	1.1±0.2
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 11→10 <sup>(31)</sup>	499915.45	144.0	11.0	7±1	5±1	0.16	0.9±0.5
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 12→11 <sup>(32)</sup>	545324.23	170.2	12.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 13→12	590723.07	198.5	13.0	7.83±0.11	3.1±0.4	0.16	0.52±0.08
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 14→13 <sup>(23)</sup>	636111.16	229.0	14.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 15→14	681487.65	261.7	15.0	6.9±0.2	3.8±0.4	0.19	0.79±0.07
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 16→15 <sup>(33)</sup>	726851.73	296.6	16.0	6.44±0.09	3.2±0.2	0.26	0.88±0.05
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 17→16 <sup>(29)</sup>	772202.57	333.7	17.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 18→17 <sup>(34)</sup>	817539.33	372.9	18.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 19→18 <sup>(23)</sup>	862861.19	414.3	19.0	...	...	...	...

Continúa en la siguiente página.

TABLA 7.1: LÍNEAS DE CS Y SUS ISOTOPÓLOGOS

Especie/ Transición $J'' \rightarrow J'$	Frecuencia en reposito (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	$v_{LSR}$ (km s <sup>-1</sup> )	$\Delta v$ (km s <sup>-1</sup> )	$T_{MB}$ (K)	$\int T_{MB} dv$ (K km s <sup>-1</sup> )
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 20 $\rightarrow$ 19 <sup>(35)</sup>	908167.32	457.9	20.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 21 $\rightarrow$ 20 <sup>(36)</sup>	953456.90	503.7	21.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 22 $\rightarrow$ 21 <sup>(29)</sup>	998729.09	551.6	22.0	...	...	...	...
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S 23 $\rightarrow$ 22	1043983.07	601.7	23.0	noise	level	...	...

**Nota.-** Líneas de emisión de CS y sus isotopólogos presentes en el rango de frecuencias del barrido espectral sobre Orión KL de HIFI. La columna 1 indica la especie y los números cuánticos de la transición de la línea, Col. 2 frecuencia en reposo de la transición, Col. 3 la energía del nivel superior, Col. 4 la fuerza de línea, Col. 5 velocidades radiales observadas, Col. 6 anchura de la línea, Col. 7 la temperatura de la línea en el pico y Col. 8 intensidad integrada de la línea.

(1) Velocidad radial en el pico de la línea. (2) Temperatura de ‘main beam’ en el pico de la línea. (3) Solapada con <sup>34</sup>SO<sub>2</sub>. (4) Ala roja solapada con SO<sub>2</sub>. (5) Ala roja solapada con <sup>34</sup>SH<sub>2</sub>. (6) Ala azul solapada con CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> y CH<sub>3</sub>OH. (7) Ala azul solapada con H<sub>2</sub>CO. (8) Ala roja solapada con el ala azul de una línea de NH<sub>3</sub>. (9) Ala roja solapada con <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>OH. (10) Ala azul solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ . (11) Altamente solapada con SO<sub>2</sub> and CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ . (12) Ala azul solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$  y <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>OH. (13) Altamente solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ . (14) Altamente solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=0, 1$ . (15) Solapada con SO<sub>2</sub>  $\nu_2=1$ , <sup>34</sup>SO y CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ . (16) Solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=0, 1$ . (17) Ala roja solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ . (18) Ala roja altamente solapada con <sup>34</sup>SO<sub>2</sub>. (19) Solapada con el ala roja de una línea de SO<sub>2</sub>. (20) Altamente solapada con H<sub>2</sub>CO. (21) Ala azul solapada con SO. (22) Ala azul altamente solapada con CH<sub>3</sub>OH. (23) Altamente solapada con CH<sub>3</sub>OH. (24) Ala azul solapada con p-SH<sub>2</sub>. (25) Ala azul parcialmente solapada con CH<sub>3</sub>OH. (26) Solapada con SO<sub>2</sub>, NS y CH<sub>3</sub>CN  $\nu_8=1$ . (27) Ala roja solapada con H<sub>2</sub>CO. (28) Ala azul solapada con CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>. (29) Altamente solapada con SO<sub>2</sub>. (30) Solapada con el ala azul de una línea de CO. (31) Solapada con <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>CN. (32) Solapada con SO<sub>2</sub>. (33) Solapada con línea U (sin identificar). (34) Solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$  y CH<sub>3</sub>OCOH. (35) Altamente solapada con CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=2$ . (36) Solapada con SO<sub>2</sub>  $\nu_2=1$ .

Vemos que encontramos emisión de CS en Orión hasta una energía del nivel superior de 763.4 K ( $J = 25-24$ ). En las bandas 6 y 7 de HIFI (1410–1910 GHz) no se ha hallado emisión de esta molécula. A pesar de que existe una zona del espectro sin cubrir (desde 1250 a 1410 GHz) podemos decir que la transición con la máxima energía de CS en Orión KL es la que corresponde a  $J = 25-24$ . Los parámetros observables de las líneas de emisión ( $v_{LSR}$ ,  $\Delta v$ ,  $T_{MB}$  y  $\int T_{MB} dv$ ) han sido derivados por medio de ajustes gaussianos. Las figuras 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 y 7.6 muestran las líneas de emisión de CS y sus isotopólogos (espectros en histograma en negro) presentes tanto en el dominio de HIFI como en el del telescopio de 30 m de IRAM y el mejor ajuste de nuestro modelo (curvas finas en rojo, ver siguiente sección). Como se puede apreciar tanto en la forma de las líneas como en la descomposición gaussiana de distintas componentes, la emisión de CS proviene de regiones con distintas velocidades radiales y anchuras de la línea: (1) los “ridge” compacto y extenso con  $v_{LSR} \simeq 7-9$  km s<sup>-1</sup> y  $\Delta v \simeq 3-5$  km s<sup>-1</sup>; (2) el “plateau” con  $v_{LSR} \simeq 6-10$  km s<sup>-1</sup> y  $\Delta v \simeq 20-30$  km s<sup>-1</sup>; (3) El núcleo caliente, con  $v_{LSR} \simeq 3-7$  km s<sup>-1</sup> y  $\Delta v \simeq 5-15$  km s<sup>-1</sup>. En el caso de los isotopólogos es más difícil descomponer las líneas en todas estas componentes, sin embargo, en el análisis gaussiano se aprecian valores de  $v_{LSR}$  y  $\Delta v$  que corresponden a la mezcla de la emisión de las diferentes regiones. Se puede apreciar, tanto en CS como en los isotopólogos, cómo según se incrementa  $J$  la emisión proveniente del núcleo caliente se vuelve cada vez más dominante.

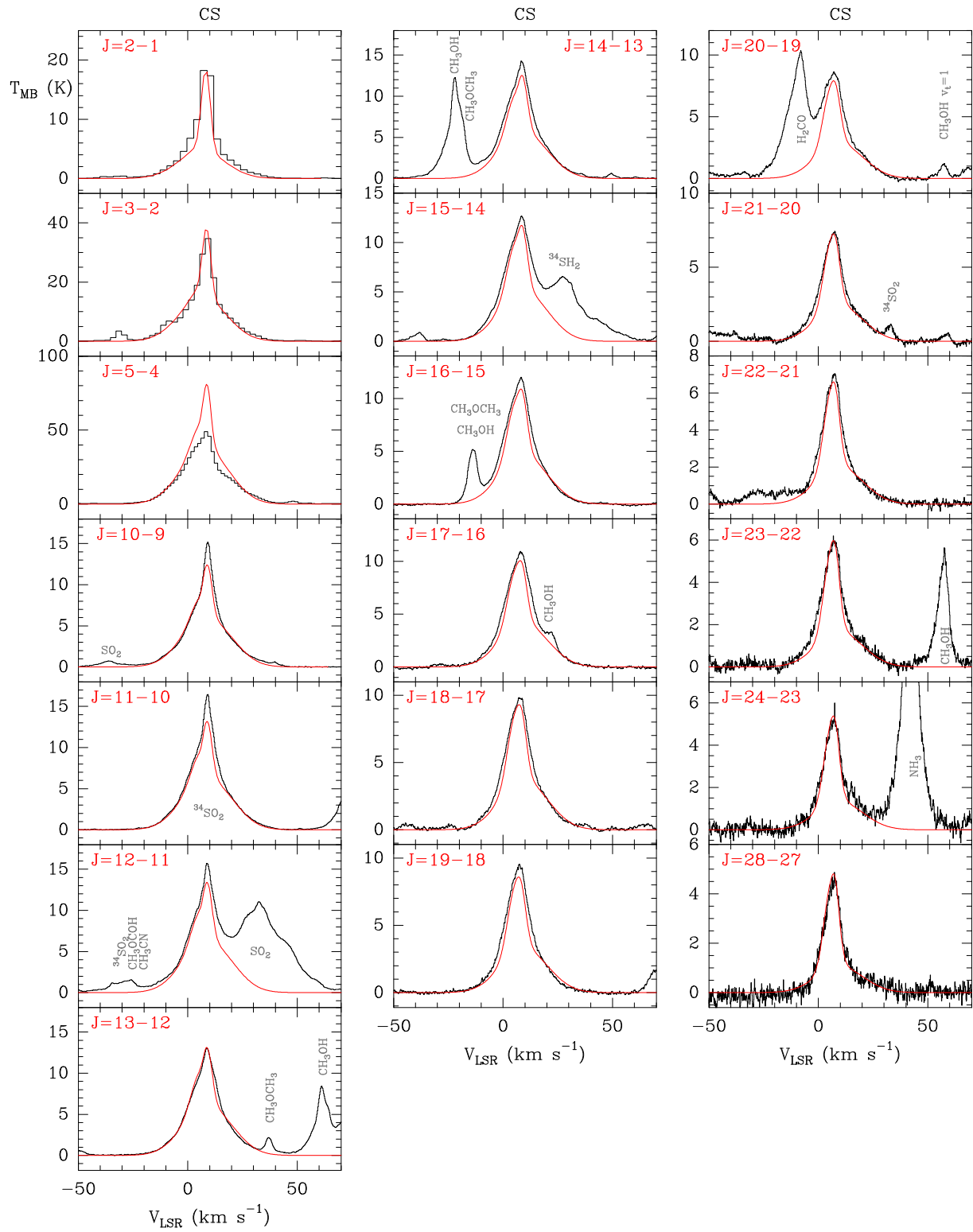


FIGURA 7.2: Líneas observadas (histograma en negro) y modelo (curvas finas en rojo) de CS.

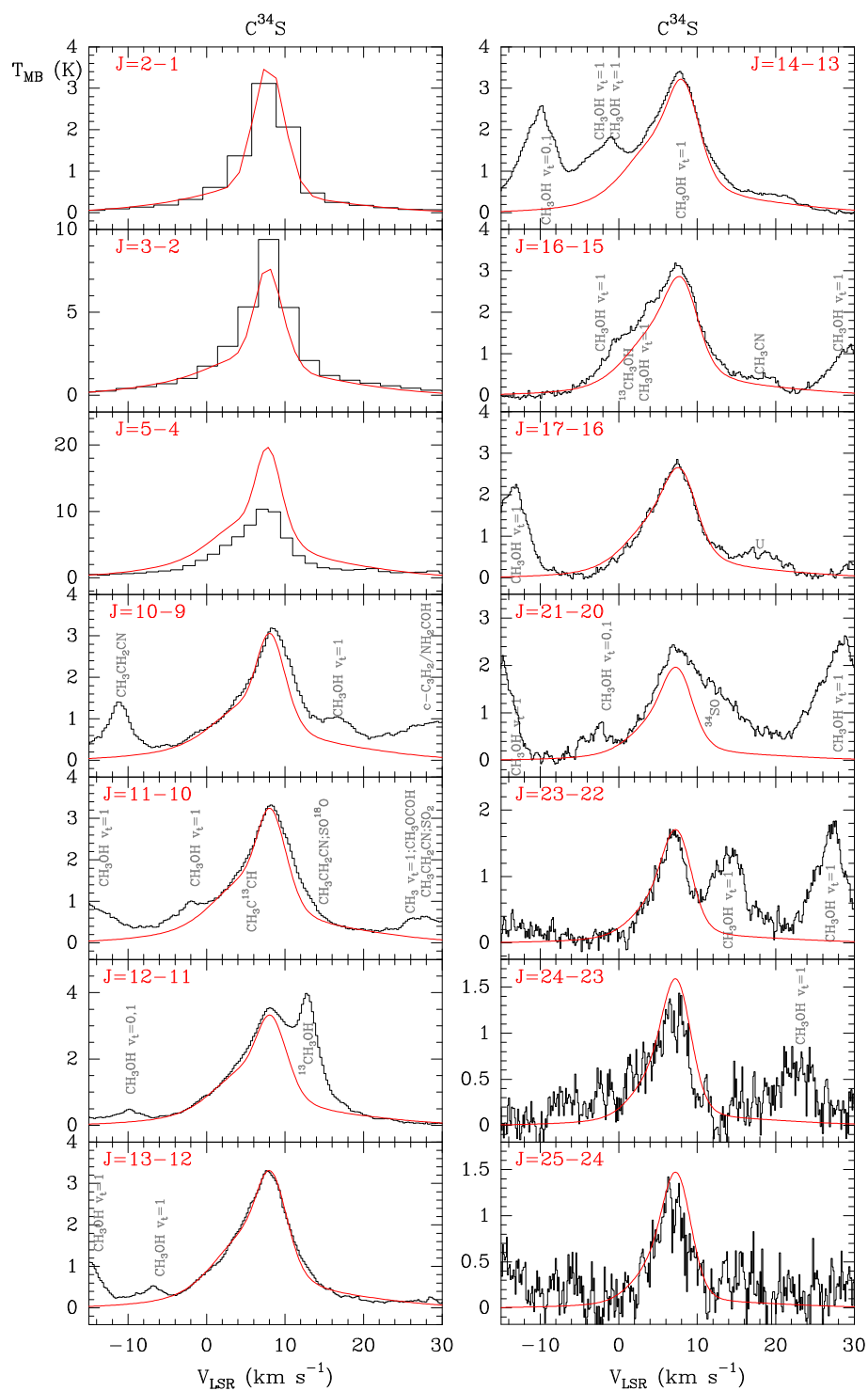


FIGURA 7.3: Líneas observadas (histograma en negro) y modelo (curvas finas en rojo) de  $C^{34}S$ .

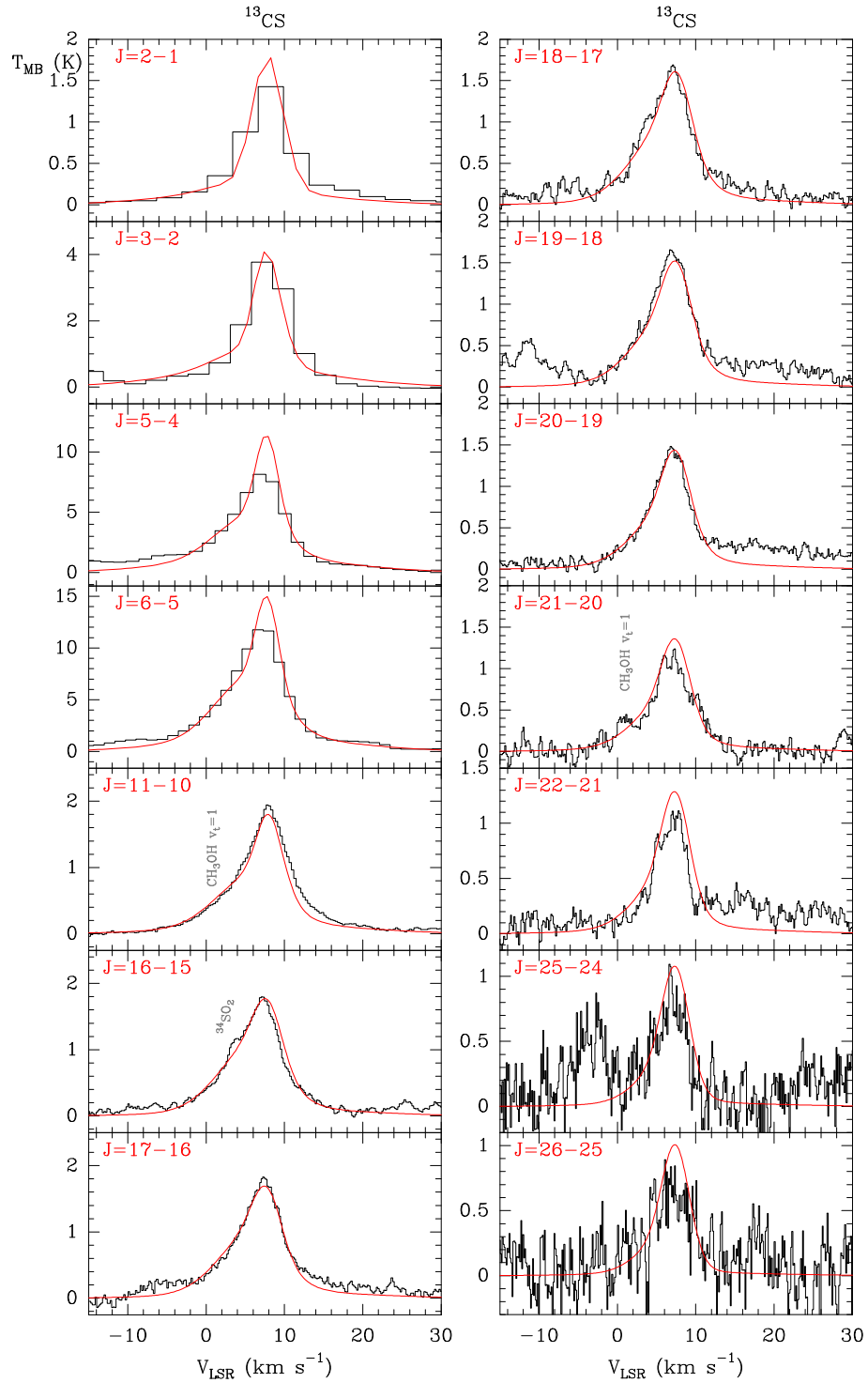
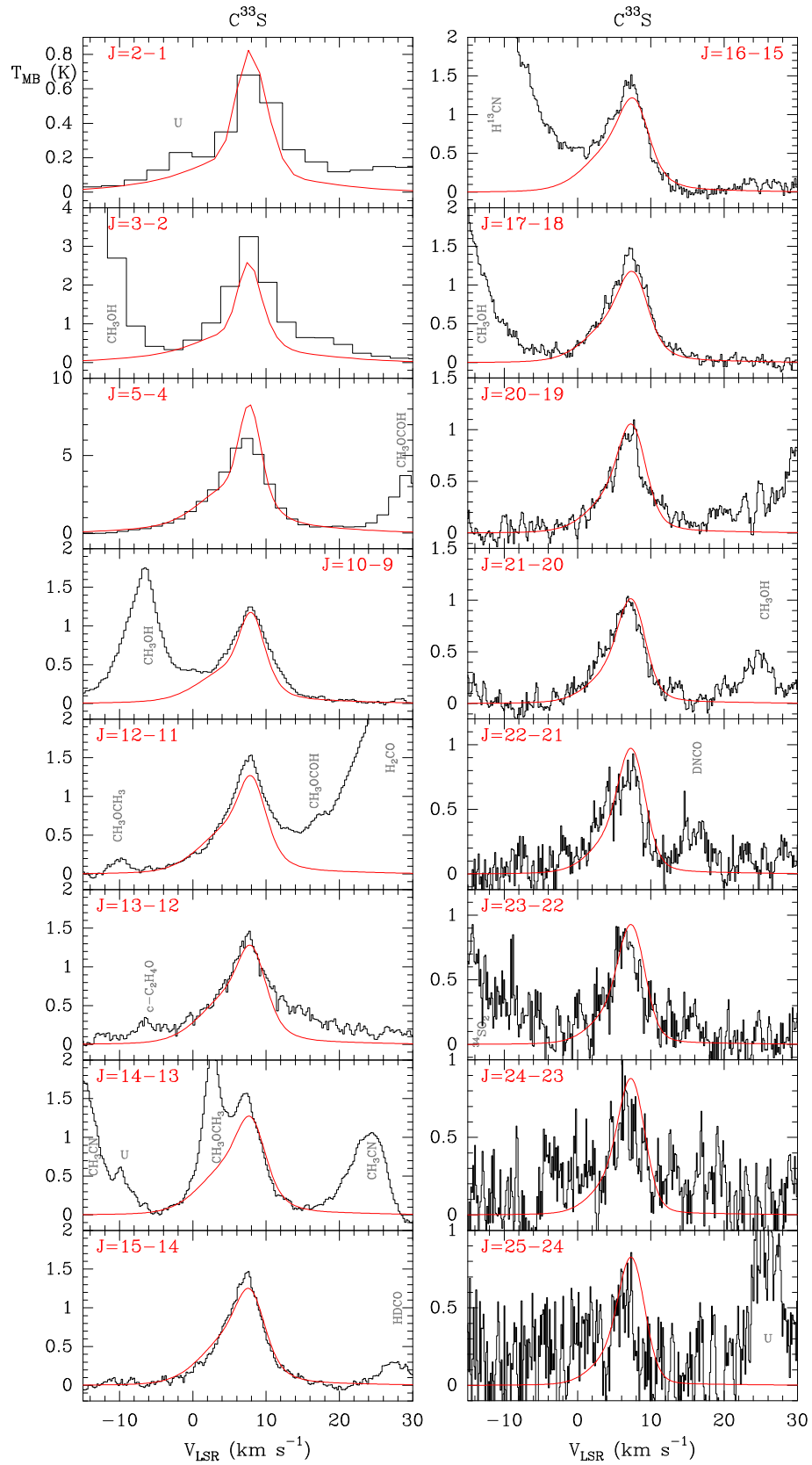


FIGURA 7.4: Líneas observadas (histograma en negro) y modelo (curvas finas en rojo) de  $^{13}\text{CS}$ .



FIGURA 7.5: Líneas observadas (histograma en negro) y modelo (curvas finas en rojo) de  $\text{C}^{33}\text{S}$ .

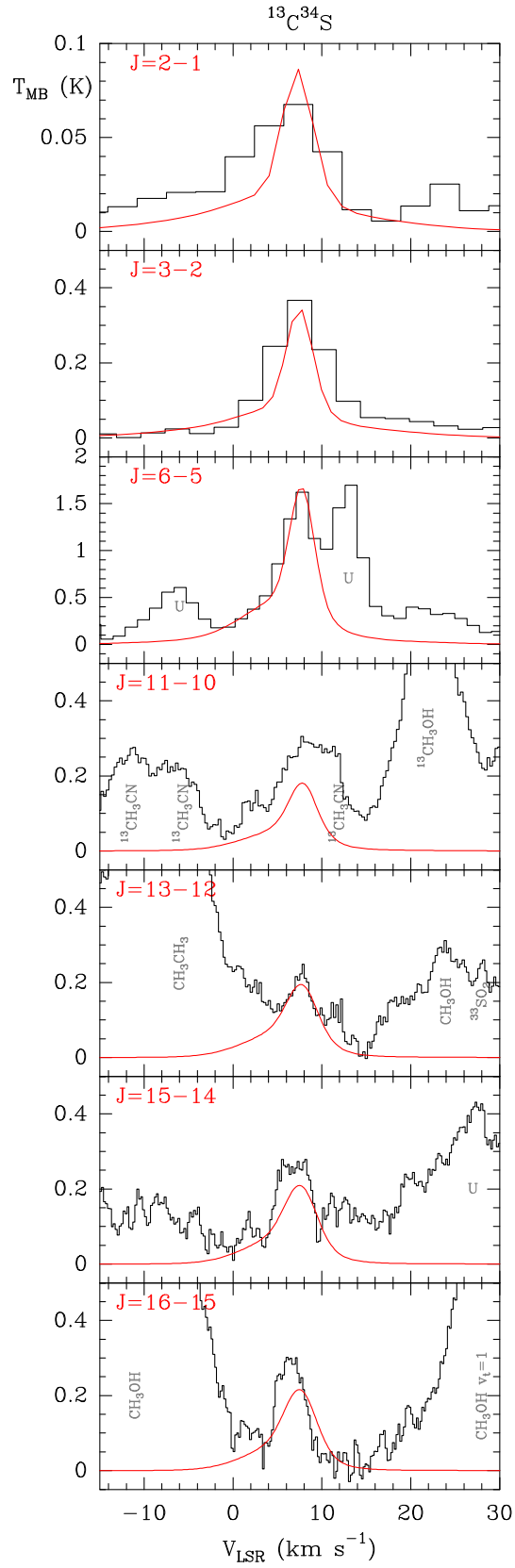
FIGURA 7.6: Líneas observadas (histograma en negro) y modelo (curvas finas en rojo) de  $^{13}\text{C}^{34}\text{S}$ .

TABLA 7.2: PARÁMETROS FÍSICOS OBTENIDOS PARA ORIÓN KL

Componente	Diámetro	Desplazamiento <sup>(1)</sup>	$n(\text{H}_2)$	$T_k$	$\Delta v_{FWHM}^{(0)}$	$v_{LSR}$
	(")	(")	( $\text{cm}^{-3}$ )	(K)	( $\text{km s}^{-1}$ )	( $\text{km s}^{-1}$ )
“Ridge” <i>extenso</i> (ER)	120	0	$1.0 \times 10^5$	60	4.0	9.0–10.0 <sup>(2)</sup>
“Ridge” <i>compacto</i> (CR1)	15	3	$2.0 \times 10^6$	110	3.0	8.0–9.0 <sup>(3)</sup>
“Ridge” <i>compacto denso</i> (CR2)	10	3	$1.0 \times 10^7$	150	4.0	9.0–10.0 <sup>(2)</sup>
“Ridge” <i>compacto denso y caliente</i> (CR3)	5	3	$1.0 \times 10^8$	300	4.0	7.5–8.0 <sup>(4)</sup>
“Plateau” <i>frío</i> (P1)	30	0	$1.0 \times 10^6$	80	25	6.0
“Plateau” (P2)	20	2	$5.0 \times 10^6$	150	25	9.0
“Plateau” <i>denso</i> (P3)	10	2	$5.0 \times 10^7$	200	25	10.0
Núcleo <i>caliente externo</i> (HC1)	10	3	$1.5 \times 10^7$	180	10	5.5
Núcleo <i>caliente</i> (HC2)	7	3	$5 \times 10^7$	250	7	5.5

**Nota.-** Parámetros físicos obtenidos para Orión KL.

(0) FWHM: Full Width at Half Maximum. (1) Desplazamiento relativo a la posición de apuntado del barrido espectral en Orión KL con HIFI. (2) 9.0  $\text{km s}^{-1}$  para los isotopólogos de CS y 10.0  $\text{km s}^{-1}$  para CS. (3) 8.0  $\text{km s}^{-1}$  para los isotopólogos de CS y 9.0  $\text{km s}^{-1}$  para CS. (4) 7.5  $\text{km s}^{-1}$  para los isotopólogos de CS y 8.0  $\text{km s}^{-1}$  para CS.

## 7.5 Parámetros físicos y densidades de columna

Las densidades de columna han sido calculadas usando el código de excitación y transporte radiativo desarrollado por J. Cernicharo (Cernicharo, 2012, en preparación). Dependiendo de las condiciones físicas de la región, elegimos aproximación LVG (Sobolev, 1958; Sobolev, 1960) o bien aproximación ETL. Para una descripción más detallada del funcionamiento del código y de la metodología seguida para construir el modelo ver Tercero et al. (2010). Para cada componente de la nube, asumimos condiciones físicas uniformes para el diámetro de la fuente, temperatura cinética, densidad de hidrógeno, velocidad radial y anchura de la línea (Tabla 7.2).

Para reproducir los perfiles de las líneas de CS y sus isotopólogos en las frecuencias de HIFI, hemos tenido que incluir distintas estratificaciones de las componentes de “plateau”, “ridge” *compacto* y *núcleo caliente* (estas estratificaciones también deben incluirse al modelizar las líneas de OCS, SiO y SiS en el rango de frecuencias de HIFI). También Wang et al. (2011) han encontrado gradientes de temperatura en el “ridge” *compacto* al estudiar las líneas de metanol en el barrido espectral que nos ocupa. Aquí vemos claramente cómo el modelo de la región mejora sustancialmente (contamos con parámetros más ajustados) al incluir nuevas transiciones en rangos de frecuencias diferentes. Estos “perfiles” de densidad y temperatura han sido derivados mediante el ajuste de los parámetros de espectrales (velocidades e intensidad) con el código de transporte de radiación. Los valores mostrados en la Tabla 7.2 son aquellos que mejor ajustan las líneas de emisión para todas las moléculas estudiadas (además de CS, el ajuste también fue realizado sobre las líneas de OCS, SiO y SiS).

De esta manera, una vez fijados los valores físicos de la región, el único parámetro libre es la densidad de columna de la correspondiente especie observada en cada componente. Hemos usado aproximación LVG para el “plateau” *frío*, “plateau”, “plateau” *denso*, “ridge” *extenso*, “ridge” *compacto*, “ridge” *denso* y el *núcleo caliente externo*; la aproximación ETL la hemos aplicado en las componentes de “ridge” *compacto denso y caliente* y el *núcleo caliente*. Estimamos la incertidumbre del orden del  $\simeq 30\%$  para los resultados de las densidades de columna de CS,  $^{13}\text{CS}$ ,  $\text{C}^{34}\text{S}$  y  $\text{C}^{33}\text{S}$  (ver Tercero et al., 2010, para las fuentes de incertidumbre consideradas). Para el isotopólogo menos abundante ( $^{13}\text{C}^{34}\text{S}$ ) proporcionamos límites superiores a su densidad de columna (con un 50 % de incertidumbre estimada). Las densidades de columna

de CS y sus isotopólogos han sido derivadas usando los coeficientes de colisión de CS–H<sub>2</sub> de Lique y Spielfiedel (2007). Los resultados se muestran en la Tabla 7.3 y los perfiles de las líneas modelizados pueden verse en las Figs. 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 y 7.6. Téngase en consideración que estas densidades de columna han sido calculadas conjuntamente para las líneas de emisión en las frecuencias de HIFI y para las líneas detectadas con el telescopio de 30 m de IRAM. En la Tabla 7.3 también se muestran los resultados proporcionados en Tercero et al. (2010) (resultados obtenidos ajustando solamente las líneas aparecidas en las frecuencias milimétricas dadas por el radiotelescopio de IRAM).

Al comparar los resultados obtenidos al modelizar las líneas del telescopio de 30 m con aquellos derivados del modelo de las líneas del 30 m más HIFI encontramos muy buena correlación entre ambos. La comparación nos muestra claramente cómo las líneas obtenidas en las frecuencias milimétricas (30 m) son debidas a las partes más frías de cada componente de Orión KL, mientras que según vamos avanzando en frecuencia (HIFI) la emisión es debida a las partes más calientes y densas. Los valores de las densidades de columna para el ‘plateau’ y los ‘ridge’ en el dominio milimétrico (30 m) son similares que los resultados obtenidos para la componente con los parámetros físicos más parecidos en el dominio 30 m + HIFI. En el modelo de las líneas del 30 m, los parámetros considerados para la componente del *núcleo caliente* son, aproximadamente, una media entre los dos *núcleos calientes* considerados en HIFI; al sumar las densidades de columna de ambas componentes de *núcleo caliente*, vemos que el resultado es similar que aquel hallado para el *núcleo caliente* con los datos del radiotelescopio de IRAM.

Estos resultados nos proporcionan una visión más amplia y profunda de la región a la vez que avalan el trabajo realizado anteriormente con los datos obtenidos en nuestro barrido espectral con el 30 m. El análisis conjunto de ambos barridos para distintas familias moleculares es el camino que se nos abre en la actualidad. Con ello probaremos la eficacia y la vigencia de nuestro barrido espectral en Orión KL con el radiotelescopio de 30 m de IRAM, a la vez que mostraremos resultados cada vez más precisos para esta fuente, ampliando el conocimiento de las regiones de formación de estrellas masivas.

TABLA 7.3: DENSIDADES DE COLUMNA DE CS

Especies	(P1) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(P2) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(P3) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(ER) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(CR) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(CR2) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(CR3) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(HC1) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	(HC2) $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$	Total $N \times 10^{15} \text{ (cm}^{-2}\text{)}$
CS derivado de C <sup>34</sup> S <sup>(1)</sup>	2.0±0.6	4.0±1.2	4.0±1.2	0.8±0.2	4.0±1.2	7±2	8±2	12±4	4.0±1.2	46±14
CS derivado de <sup>13</sup> CS <sup>(2)</sup>	2.2±0.7	2.2±0.7	3.1±0.9	0.9±0.3	7±2	7±2	16±5	20±6	4.5±1.3	63±19
CS (media)	2.1±0.7	3.1±1.0	3.5±1.0	0.85±0.30	5.5±2.0	7±2	12±4	16±5	4.2±1.3	54±16
CS (modelo)	1.0±0.3	2.5±0.7	3.0±0.9	0.30±0.09	0.8±0.2	1.0±0.3	0.50±0.15	1.5±0.4	1.5±0.4	12±4
CS (30 m) <sup>(3)</sup>	2.4±0.5 <sup>(4)</sup>	...	...	0.8±0.2 <sup>(5)</sup>	8±2 <sup>(6)</sup>	...	...	...	21±5	32±10
C <sup>34</sup> S	0.10±0.03	0.20±0.06	0.20±0.06	0.040±0.012	0.20±0.6	0.35±0.10	0.40±0.12	0.6±0.2	0.20±0.06	2.3±0.7
C <sup>34</sup> S (30 m) <sup>(3)</sup>	0.10±0.03 <sup>(4)</sup>	...	...	0.030±0.008 <sup>(5)</sup>	0.40±0.12 <sup>(6)</sup>	...	...	...	0.70±0.18	1.2±0.4
<sup>13</sup> CS	0.050±0.015	0.050±0.015	0.07±0.02	0.020±0.006	0.15±0.04	0.15±0.04	0.35±0.10	0.45±0.13	0.10±0.03	1.4±0.4
<sup>13</sup> CS (30 m) <sup>(3)</sup>	0.060±0.015 <sup>(4)</sup>	...	...	0.020±0.005 <sup>(5)</sup>	0.15±0.04 <sup>(6)</sup>	...	...	...	0.60±0.15	0.8±0.2
C <sup>33</sup> S	0.030±0.009	0.020±0.006	0.040±0.012	(5.0±0.2)×10 <sup>-3</sup>	0.10±0.03	0.10±0.03	0.25±0.07	0.25±0.07	0.09±0.03	0.9±0.3
C <sup>33</sup> S (30 m) <sup>(3)</sup>	0.050±0.013 <sup>(4)</sup>	...	...	(5.0±0.1)×10 <sup>-3(5)</sup>	0.10±0.03 <sup>(6)</sup>	...	...	...	0.40±0.10	0.6±0.2
<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S	≤(5.0±0.2)×10 <sup>-3</sup>	≤(1.0±0.5)×10 <sup>-3</sup>	≤(1.0±0.5)×10 <sup>-3</sup>	≤(1.0±0.5)×10 <sup>-4</sup>	≤0.020±0.010	≤0.010±0.005	≤0.08±0.04	≤0.030±0.015	≤0.010±0.005	≤0.25±0.12

Densidades de columna obtenidas mediante la modelización de las líneas de CS y sus isotopólogos encontradas en los rangos de frecuencia del telescopio de 30 m de IRAM y de HIFI y comparación con los valores obtenidos al modelizar las líneas del 30 m de manera independiente.

(1) Asumiendo  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}=20$  (ver Tercero et al., 2010). (2) Asumiendo  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}=45$  (ver Tercero et al. (2010). (3) Tercero et al. (2010). (4)  $d = 30''$ ,  $n(\text{H}_2) = 1.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ ,  $T_k = 125 \text{ K}$ ,  $\Delta v = 25 \text{ km s}^{-1}$  y  $v_{LSR} = 6 \text{ km s}^{-1}$ . (5)  $\Delta v = 4 \text{ km s}^{-1}$  y  $v_{LSR} = 9 \text{ km s}^{-1}$ . (6)  $d = 15''$ ,  $n(\text{H}_2) = 1.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ ,  $T_k = 110 \text{ K}$ ,  $\Delta v = 4 \text{ km s}^{-1}$  y  $v_{LSR} = 7.5 \text{ km s}^{-1}$ . (7)  $d = 10''$ ,  $n(\text{H}_2) = 5.0 \times 10^7 \text{ cm}^{-3}$ ,  $T_k = 225 \text{ K}$ ,  $\Delta v = 10 \text{ km s}^{-1}$  y  $v_{LSR} = 5.5 \text{ km s}^{-1}$ .

### III

COLABORACIONES EN EL CAMPO DE LA ESPECTROSCOPÍA



## Capítulo 8

# Cianuro de etilo: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$

En este capítulo mostraremos dos artículos publicados en la revista *Astronomy & Astrophysics* donde se miden en el laboratorio un gran número de transiciones rotacionales (y por tanto, se hallan con precisión las constantes moleculares) de las principales sustituciones isotópicas del cianuro de etilo, también conocido como propionitrilo ( $^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3^{13}\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2^{13}\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHDCN}$  y  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$ ) y donde estos mismos isotopólogos son detectados en el medio interestelar a través de nuestro barrido espectral de Orión KL con el radiotelescopio de 30 m del IRAM. Como introducción a los mismos, daremos una visión general de la emisión de esta molécula en la región. Tras mostrar los artículos resumiremos los resultados más importantes.

### 8.1 Motivaciones

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  es una de las moléculas más abundantes encontradas en nuestro barrido espectral. Su emisión se concentra, principalmente, en la componente del *núcleo caliente* y cuenta con líneas de emisión de hasta 15 K en temperatura del haz principal (temperatura de main beam). Además, la molécula es trompo asimétrica<sup>1</sup> (ver Fig. 8.1), por lo que su espectro rotacional es muy rico. Sin embargo, al no conocer con precisión las constantes moleculares de sus principales sustituciones isotópicas, sólo éramos capaces de detectar el isotopólogo principal, cuyas líneas son ópticamente opacas, por lo que no se podía desarrollar un estudio profundo de esta especie en la región.

El conocimiento del espectro rotacional de las principales sustituciones isotópicas de esta molécula permite (i) identificar más de 700 líneas en nuestro barrido espectral, reduciéndose de una forma significativa el número de líneas sin identificar en nuestro espectro; (ii) de igual manera, otros muchos estudios y barridos espectrales, tanto de Orión como de otras nubes moleculares, se beneficiarán de estos resultados ya que permitirán identificar la mayor parte de las líneas débiles y aumentar la probabilidad de detectar nuevas especies moleculares; (iii)

---

<sup>1</sup>Las moléculas trompo asimétricas se caracterizan por tener sus tres momentos de inercia distintos.

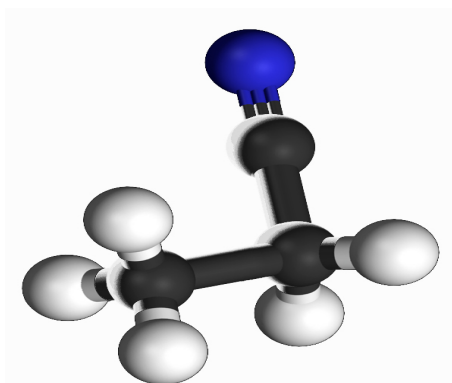


FIGURA 8.1: Estructura de la molécula de cianuro de etilo. Las bolas blancas representan los átomos de hidrógeno, las negras los de carbono y la azul el átomo de nitrógeno. Fuente: [http://www.ask.com/wiki/Ethyl\\_cyanide?qsrc=3044](http://www.ask.com/wiki/Ethyl_cyanide?qsrc=3044)



derivar propiedades físicas y químicas a través de las relaciones de abundancia entre los distintos isotopólogos; (iv) mejorar el conocimiento en el campo de la espectroscopía ampliando los catálogos de frecuencias de transiciones atómicas y moleculares y proveyendo nuevas constantes moleculares para dichas especies.

## 8.2 Aproximación histórica

El primer estudio del espectro de microondas de cianuro de etilo en el laboratorio fue llevado a cabo por Lerner & Dailey (1957). Ellos concluyeron que a pesar de que el grupo  $\text{CH}_3$ — es libre de rotar en torno a la ligadura  $\text{C}-\text{C}$ , la barrera de potencial de este movimiento interno es elevada y al menos las primeras transiciones rotacionales en el estado fundamental podían ser tratadas como si la molécula fuera rígida. Más adelante, diversos trabajos llevados a cabo por Laurie (1959), Mäder et al. (1974) y Heise et al. (1974) produjeron un análisis detallado del espectro de la molécula en el rango de frecuencias 17–41 GHz confirmando la elevada barrera de potencial antes mencionada con lo que no existían desdoblamientos de las transiciones observadas. Estos trabajos proporcionaron una estructura precisa del cianuro de etilo y del tensor de acoplamiento cuadrupolar del  $^{14}\text{N}$ . Además, Heise et al. (1974) también dieron cuenta de las componentes del momento dipolar eléctrico permanente de la molécula a lo largo de los dos ejes principales ( $\mu_a = 3.48$  D y  $\mu_b = 1.37$  D).

Hace 35 años, Johnson et al. (1977) detectaron cianuro de etilo, por primera vez en el espacio, en la Nebulosa de Orión (OMC-1) y en Sagitario B2. Previamente, ya se habían detectado una gran gama de moléculas que poseían el grupo cianuro ( $-\text{CN}$ ) en diversos medios (CN en regiones de formación de estrellas masivas, la Nebulosa de Orión y W51, por Jefferts et al., 1970; HCN en seis regiones diferentes por Snyder & Buhl, 1971;  $\text{C}_3\text{N}$  en la envoltura circunestelar de la estrella evolucionada IRC+10216 por Guèlin & Thaddeus, 1977;  $\text{HC}_3\text{N}$  en la región de formación de estrellas masivas del centro galáctico Sgr B2 por Turner, 1971;  $\text{HC}_5\text{N}$  en Sgr B2 por Avery et al., 1976;  $\text{CH}_3\text{CN}$  en las nubes moleculares del centro galáctico Sgr A y Sgr B por Solomon et al., 1971;  $\text{CH}_2\text{CHCN}$  en Sgr B2 por Gardner & Winnewisser, 1975) con lo que el cianuro de etilo se convertía en un atractivo candidato para ser detectado. Además, esta primera detección en el espacio fue acompañada por una significativa mejora en el conocimiento del espectro rotacional de esta molécula en el rango de las microondas y de sus constantes moleculares: en el artículo de Johnson et al. (1977) se predice el espectro de cianuro de etilo entre 80–120 GHz con una precisión de alrededor una parte por millón, lo que permite estudiar los parámetros observacionales de las líneas astronómicas detectadas. Las observaciones mostraron que la velocidad radial de las líneas de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  en OMC-1 (región donde está inmerso lo que venimos llamando Orión KL) es de  $4.5 \text{ km s}^{-1}$ . Para nosotros es evidente que esta característica espectral se corresponde principalmente con la emisión de la molécula desde el *núcleo caliente*; sin embargo, en aquellos días sólo se podía concluir que la emisión aparecía a una velocidad radial distinta de las encontradas hasta ese momento en la mayoría de las moléculas detectadas en la Nebulosa de Orión (OMC-1) y ya entonces se apuntaba a una química especial en las regiones calientes de las nubes moleculares.

A partir de este momento varios estudios han contribuido a la mejora en el conocimiento de la estructura y del espectro rotacional de cianuro de etilo: Bourie et al. (1978), Bourche et al. (1980), Pearson et al. (1994), Fukuyama et al. (1996), Brauer et al. (2009), Fortman et al. (2010a; 2010b) y las aportaciones de H. S. P. Müller reflejadas en los catálogos del CDMS.

Desde esta primera detección, el cianuro de etilo ha sido ampliamente detectado en el medio interestelar y, en general, está asociado con los *núcleos calientes* en regiones de formación de estrellas masivas (Mehring et al., 2004; Liu et al., 2001; Miao & Snyder, 1997). Además de en estas regiones, el cianuro de etilo ha sido detectado en *hot corinos*<sup>2</sup> alrededor de la protoestrella poco masiva IRAS 16293–2422 (Cazaux et al., 2003). Se atribuye la emisión principal de esta molécula en *núcleos calientes* a la química de granos, donde el cianuro de etilo se forma en la superficie de los granos y más tarde es eyectado al gas por el calentamiento provocado debido a la formación estelar (Miao & Snyder, 1997; Brown et al., 1988; Brown, 1990; Cazaux et al., 2003).

### 8.3 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN en Orión KL

El cianuro de etilo es una molécula que domina gran parte del espectro en nuestro barrido espectral. En la Fig. 8.2 vemos el espectro total observado (en azul) y superpuestas (en rojo) las líneas que pertenecen al isotópologo principal de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN en el estado fundamental<sup>3</sup>; la figura nos da una idea a simple vista de la alta densidad de líneas de cianuro de etilo que podemos encontrar al hacer las identificaciones.

Terminado el proceso de identificación de las líneas más intensas de nuestro barrido espectral, concluimos que 877 características espectrales correspondían principalmente a la emisión de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN (isotópologo principal) en el estado fundamental y que transiciones de tipo dipolo *a* con un número cuántico  $K_a$  no muy elevado podían llegar a mostrar líneas de emisión con intensidades del orden de 15 K (en  $T_{MB}$ ). Como ya hemos mencionado, antes del 2007 no era posible analizar esta molécula en su totalidad, siguiendo la línea de acción que habíamos trazado para abordar el análisis del barrido espectral, ya que no se disponía de buenas constantes moleculares para sus isotópologos más abundantes (isotópologos que debían estar presentes en nuestro espectro debido a la alta intensidad mostrada por la emisión de isotópologo principal). Aquí daremos una muestra de la emisión del isotópologo principal en la ventana de 3 mm (fíjese el lector en la Fig. 8.2 para ver que la ventana de 3mm –80–115.5 GHz– supone un 20 % del barrido total). En la Tabla 8.1 se muestran las 148 líneas de emisión de esta molécula en el dominio de 3 mm. La tabla está ordenada según aumenta la frecuencia y podemos encontrar tanto las transiciones de *dipolo tipo a* ( $K'_a=K''_a$ ) como las de *dipolo tipo b* ( $K'_a \neq K''_a$ )<sup>4</sup>. Las constantes moleculares para el cálculo de las frecuencias en reposo han sido tomadas de Fukuyama et al. (1996); los momentos dipolares son los mismos que hemos mencionado anteriormente (Heise et al., 1974). La frecuencia observada se muestra asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR (Sistema Local de Reposo) de 5 km s<sup>–1</sup> (velocidad a la que aparecen las líneas características del *núcleo caliente*); en la última columna se muestran las temperaturas de haz principal (main beam) obtenidas mediante un modelo que trata de reproducir los perfiles de las líneas de emisión de estas moléculas. Las diferencias entre la intensidad observada y la obtenida por el modelo son significativas para líneas con emisión muy débil y son debidas, principalmente, a la dificultad de obtener una buena línea de base

<sup>2</sup>Los *hot corinos* se caracterizan por altas abundancias de moléculas orgánicas saturadas como el formiato de metilo (HCOOCH<sub>3</sub>) o el dimetil éter (CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>) en la fase gaseosa (~100 K) en una región de unas 100 UA alrededor de protoestrellas poco masivas.

<sup>3</sup>Este espectro sintético de cianuro de etilo ha sido realizado con el código de transporte de radiación de J. Cernicharo explicado en la *Parte II* de esta tesis; el modelo físico para reproducir el espectro de esta molécula en Orión KL se explica más abajo.

<sup>4</sup>Para el cianuro de etilo las transiciones tipo a presentan un espectro más intenso debido a que el momento dipolar eléctrico permanente en ese eje es mayor (casi el doble) que el que corresponde al segundo eje principal.

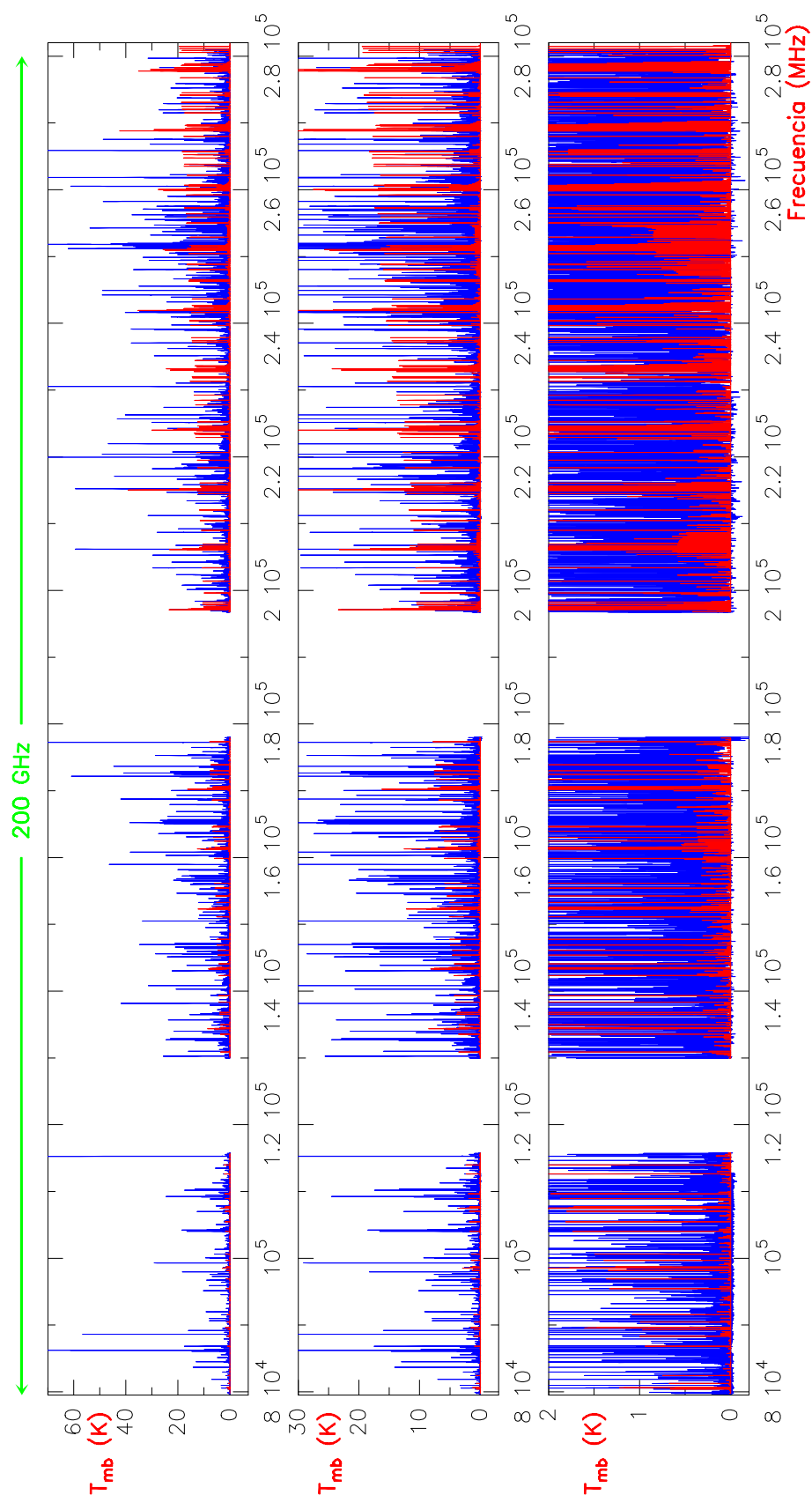


FIGURA 8.2: Espectro sintético de la molécula de cianuro de etilo en el estado fundamental (en rojo) superpuesto al espectro adquirido en el barrido espectral de Orión KL con el radiotelescopio de IRAM de 30 m (en azul). Los distintos paneles muestran distintas escalas de intensidad en temperatura del haz principal (main beam).

para estas líneas tan débiles. Para las líneas con una intensidad observada mayor de 0.1 K, las diferencias no superan el 20% salvo para las líneas que se encuentran solapadas con otras especies.

TABLA 8.1: LÍNEAS DE CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Frecuencia en reposo (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (K)	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
9	2	8	8	2	7	80404.921	8.55	23.8	80404.4	0.90	0.66
9	2	8	9	1	9	80547.601	0.43	23.8	80548.4	0.04	0.03
9	6	3	8	6	2	80602.162	5.00	59.4	80604.4	1.63	1.22
9	6	4	8	6	3	80602.162	5.00	59.4	<sup>(1)</sup>	...	...
9	5	5	8	5	4	80604.592	6.22	47.2	<sup>(1)</sup>	...	...
9	5	4	8	5	3	80604.592	6.22	47.2	<sup>(1)</sup>	...	...
9	7	2	8	7	1	80606.293	3.56	73.8	<sup>(1)</sup>	...	...
9	7	3	8	7	2	80606.293	3.56	73.8	<sup>(1)</sup>	...	...
9	8	1	8	8	0	80614.600	1.89	90.5	80614.3	0.36	0.39
9	8	2	8	8	1	80614.600	1.89	90.5	<sup>(1)</sup>	...	...
9	4	6	8	4	5	80619.454	7.22	37.2	80619.4	1.46	1.02
9	4	5	8	4	4	80619.454	7.22	37.2	<sup>(1)</sup>	...	...
9	3	7	8	3	6	80649.948	8.00	29.4	80649.9 <sup>(2)</sup>	0.84	0.61
9	3	6	8	3	5	80682.711	8.00	29.4	80682.5 <sup>(3)</sup>	0.90	0.60
32	4	29	31	5	26	80993.665	0.53	245.3	<sup>(4)</sup>	...	...
25	3	22	24	4	21	81136.545	0.44	150.9	81136.0 <sup>(3)</sup>	0.08	0.02
9	2	7	8	2	6	81261.333	8.55	23.9	81261.4	0.93	0.62
18	1	17	18	0	18	81746.517	0.77	76.0	81747.4	0.14	0.05
9	1	8	8	1	7	82458.585	8.89	21.0	82458.4 <sup>(2)</sup>	1.52	0.75
26	2	24	26	2	25	82591.449	0.24	158.0	82591.4	0.05	0.01
13	5	9	14	4	10	82778.379	0.16	67.0	82779.4	0.01	0.01
13	5	8	14	4	11	82803.472	0.16	66.9	82804.4	0.02	0.01
10	2	9	10	1	10	83025.407	0.46	28.1	83025.4	0.07	0.04
24	2	22	24	1	23	83444.350	1.66	135.6	83444.4	0.11	0.08
31	4	27	30	5	26	83802.648	0.53	232.0	83802.4	0.09	0.02
18	6	13	19	5	14	84028.524	0.24	113.5	84029.4	0.02	0.01
18	6	12	19	5	15	84036.611	0.24	113.5	84037.4	0.02	0.01
11	0	11	10	1	10	84151.838	0.70	28.1	84152.4	0.13	0.06
23	7	17	24	6	18	85239.990	0.32	173.2	85241.4 <sup>(5)</sup>	0.06	0.02
23	7	16	24	6	19	85242.384	0.32	173.2	<sup>(1)</sup>	...	...
11	2	10	11	1	11	85760.502	0.50	32.7	<sup>(6)</sup>	...	...
19	1	18	19	1	19	85916.917	0.13	84.2	<sup>(6)</sup>	...	...
28	8	21	29	7	22	86438.940	0.40	245.7	86438.2	0.05	0.02
28	8	20	29	7	23	86439.610	0.40	245.7	<sup>(1)</sup>	...	...
29	3	27	28	4	24	86484.197	0.42	197.1	86485.2	0.06	0.02
8	1	8	7	0	7	86745.293	0.51	16.2	86745.2	0.11	0.05
10	1	10	9	1	9	86819.845	9.89	24.1	86820.2	1.07	0.94
2	2	1	1	1	0	87218.866	0.15	5.8	87217.2 <sup>(7)</sup>	0.05	0.02
2	2	0	1	1	1	87705.453	0.15	5.7	87704.2 <sup>(7)</sup>	0.03	0.02
37	5	32	36	6	31	88199.418	0.63	330.9	88201.3 <sup>(8)</sup>	0.07	0.01
10	0	10	9	0	9	88323.735	9.98	23.4	88323.4	1.20	1.00
26	3	23	26	2	24	88478.490	2.11	162.2	88478.3	0.16	0.11

Continúa en la siguiente página.

TABLA 8.1: LÍNEAS DE  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Frecuencia en reposo (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (K)	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
25	3	22	25	2	23	88713.241	2.00	150.9	88713.3	0.19	0.11
12	2	11	12	1	12	88752.760	0.52	37.9	88753.3	0.13	0.06
27	3	24	27	2	25	88758.462	2.22	174.1	88758.3	0.16	0.11
19	1	18	19	0	19	88894.849	0.76	84.3	88895.3	0.09	0.06
25	2	23	25	1	24	89009.314	1.65	146.6	89009.3	0.12	0.09
10	2	9	9	2	8	89297.660	9.60	28.1	89297.3	1.17	0.97
24	3	21	24	2	22	89415.385	1.88	139.9	89415.3 <sup>(6)</sup>	0.18	0.11
10	6	4	9	6	3	89562.301	6.40	63.7	89562.3	1.48	1.60
10	6	5	9	6	4	89562.301	6.40	63.7	<sup>(1)</sup>	...	...
10	7	3	9	7	2	89565.021	5.10	78.1	89565.3	1.59	1.57
10	7	4	9	7	3	89565.021	5.10	78.1	<sup>(1)</sup>	...	...
10	5	6	9	5	5	89568.104	7.50	51.4	89568.3	1.72	1.57
10	5	5	9	5	4	89568.104	7.50	51.4	<sup>(1)</sup>	...	...
10	8	2	9	8	1	89573.113	3.60	94.8	89573.3	0.74	0.57
10	8	3	9	8	2	89573.113	3.60	94.8	<sup>(1)</sup>	...	...
10	9	1	9	9	0	89584.987	1.90	113.6	89585.3	0.39	0.45
10	9	2	9	9	1	89584.987	1.90	113.6	<sup>(1)</sup>	...	...
10	4	7	9	4	6	89590.246	8.40	41.4	89590.3 <sup>(3)</sup>	1.83	1.47
10	4	6	9	4	5	89590.703	8.40	41.4	<sup>(1)</sup>	...	...
28	3	25	28	2	26	89593.685	2.31	186.4	<sup>(1)</sup>	...	...
10	3	8	9	3	7	89628.485	9.10	33.7	89628.3 <sup>(9)</sup>	1.13	0.90
10	3	7	9	3	6	89684.760	9.10	33.7	89684.3 <sup>(3)</sup>	1.12	0.90
20	2	18	19	3	17	90169.617	0.41	96.1	90170.3	0.08	0.03
15	1	14	14	2	13	90418.926	0.46	53.7	90419.3	0.08	0.04
10	2	8	9	2	7	90453.260	9.60	28.2	90453.3	1.26	0.99
23	3	20	23	2	21	90530.966	1.75	129.4	90531.3	0.17	0.11
27	2	25	27	2	26	91008.340	0.23	169.8	91007.3	0.03	0.01
29	3	26	29	2	27	91018.220	2.38	199.1	91018.3	0.14	0.11
10	1	9	9	1	8	91549.180	9.89	25.3	91550.3 <sup>(10)</sup>	3.15	1.08
12	5	8	13	4	9	91831.611	0.14	61.3	91831.3	0.02	0.01
12	5	7	13	4	10	91845.570	0.14	61.3	91844.3 <sup>(7)</sup>	0.05	0.01
22	3	19	22	2	20	91999.460	1.63	119.4	91999.3	0.22	0.15
13	2	12	13	1	13	92000.930	0.55	43.4	<sup>(1)</sup>	...	...
30	3	28	29	4	25	92302.981	0.42	209.9	92302.3	0.03	0.02
30	3	27	30	2	28	93059.807	2.44	212.3	93060.2	0.13	0.11
17	6	12	18	5	13	93099.411	0.22	105.8	<sup>(11)</sup>	...	...
17	6	11	18	5	14	93104.139	0.22	105.8	93104.2	0.04	0.02
26	3	23	25	4	22	93668.314	0.46	162.2	<sup>(2)</sup>	...	...
21	3	18	21	2	19	93755.000	1.51	109.8	93755.2	0.16	0.09
20	1	19	20	1	20	93847.761	0.12	92.9	93847.2	0.07	0.01
9	1	9	8	0	8	93949.306	0.58	19.9	93949.3	0.12	0.07
12	0	12	11	1	11	94178.680	0.79	33.1	94178.2	0.14	0.09
22	7	16	23	6	17	94320.655	0.30	163.2	94321.2	0.05	0.03
22	7	15	23	6	18	94322.096	0.30	163.2	<sup>(1)</sup>	...	...
26	2	24	26	1	25	95104.150	1.63	158.0	95104.2	0.15	0.10
11	1	11	10	1	10	95442.479	10.90	28.7	95442.2	1.55	1.33
32	4	28	31	5	27	95442.747	0.55	246.0	<sup>(1)</sup>	...	...
14	2	13	14	1	14	95502.400	0.57	49.5	95502.2	0.12	0.06

Continúa en la siguiente página.

TABLA 8.1: LÍNEAS DE CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Frecuencia en reposo (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (K)	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
27	8	20	28	7	21	95521.432	0.38	233.7	95521.2	0.02	0.03
27	8	19	28	7	22	95521.432	0.38	233.7	<sup>(1)</sup>	...	...
3	2	2	2	1	1	95689.554	0.17	7.0	95688.2 <sup>(7)</sup>	0.23	0.02
20	3	17	20	2	18	95727.520	1.39	100.7	95730.2 <sup>(2)</sup>	1.12	0.12
31	3	28	31	2	29	95739.380	2.49	225.9	95739.2	0.14	0.12
20	1	19	20	0	20	96288.100	0.75	92.9	96288.2	0.11	0.07
32	9	24	33	8	25	96720.465	0.46	317.0	96720.2	0.04	0.03
32	9	23	33	8	26	96720.465	0.46	317.0	<sup>(1)</sup>	...	...
11	0	11	10	0	10	96919.762	11.00	28.2	96920.2	1.60	1.36
3	2	1	2	1	2	97164.131	0.17	7.1	97165.2 <sup>(12)</sup>	0.14	0.02
31	3	29	30	4	26	97545.778	0.41	223.2	97546.2	0.02	0.02
19	3	16	19	2	17	97844.699	1.28	92.0	97844.2	0.18	0.12
11	2	10	10	2	9	98177.574	10.60	32.7	98177.2	1.59	1.34
11	6	6	10	6	5	98523.872	7.73	68.4	98524.2	2.89	2.82
11	6	5	10	6	4	98523.872	7.73	68.4	<sup>(1)</sup>	...	...
11	7	4	10	7	3	98524.672	6.55	82.8	<sup>(1)</sup>	...	...
11	7	5	10	7	4	98524.672	6.55	82.8	<sup>(1)</sup>	...	...
11	8	3	10	8	2	98532.084	5.18	99.5	98534.2 <sup>(3)</sup>	2.48	2.29
11	8	4	10	8	3	98532.084	5.18	99.5	<sup>(1)</sup>	...	...
11	5	7	10	5	6	98533.987	8.73	56.1	<sup>(1)</sup>	...	...
11	5	6	10	5	5	98533.987	8.73	56.1	<sup>(1)</sup>	...	...
11	9	2	10	9	1	98544.164	3.64	118.3	98544.2	0.82	0.61
11	9	3	10	9	2	98544.164	3.64	118.3	<sup>(1)</sup>	...	...
11	10	1	10	10	0	98559.927	1.91	139.4	98560.2	0.53	0.60
11	10	2	10	10	1	98559.927	1.91	139.4	<sup>(1)</sup>	...	...
11	4	8	10	4	7	98564.930	9.55	46.1	98566.2	2.10	1.78
11	4	7	10	4	6	98566.615	9.55	46.1	<sup>(1)</sup>	...	...
11	3	9	10	3	8	98610.250	10.20	38.4	98610.2 <sup>(2)</sup>	2.71	
11	3	8	10	3	7	98701.070	10.20	38.4	98701.2	1.60	1.26
32	3	29	32	2	30	99070.600	2.52	240.0	99071.2	0.16	0.12
15	2	14	15	1	15	99253.446	0.60	55.9	99253.2	0.12	0.07
28	2	26	28	2	27	99657.618	0.23	182.1	99657.2	0.08	0.01
11	2	9	10	2	8	99681.461	10.60	33.0	99681.2	1.57	1.39
18	3	15	18	2	16	100034.425	1.17	83.8	<sup>(1)</sup>	...	...
11	1	10	10	1	9	100614.281	10.90	30.1	100614.1 <sup>(6)</sup>	1.86	1.48
11	5	7	12	4	8	100863.249	0.12	56.1	100863.1	0.04	0.02
11	5	6	12	4	9	100870.646	0.12	56.1	<sup>(10)</sup>	...	...
10	1	10	9	0	9	101091.676	0.66	24.1	101092.1	0.19	0.10
27	2	25	27	1	26	101689.999	1.60	169.8	101690.1	0.20	0.12
21	1	20	21	1	21	101877.084	0.12	102.0	101877.1	0.03	0.01
16	6	11	17	5	12	102151.406	0.20	98.5	102152.1	0.07	0.03
16	6	10	17	5	13	102154.083	0.20	98.5	102155.2	0.10	0.04
32	3	30	31	4	27	102155.493	0.40	236.9	<sup>(1)</sup>	...	...
17	3	14	17	2	15	102227.428	1.07	76.0	102227.1	0.23	0.12
16	1	15	15	2	14	102290.298	0.52	60.8	102290.1	0.12	0.06
21	2	19	20	3	18	103054.593	0.45	105.3	<sup>(6)</sup>	...	...
33	3	30	33	2	31	103059.351	2.53	254.4	103059.1	0.15	0.13
16	2	15	16	1	16	103248.671	0.61	62.7	103249.1	0.14	0.08

Continúa en la siguiente página.

TABLA 8.1: LÍNEAS DE CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Frecuencia en reposo (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (K)	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
21	7	15	22	6	16	103384.846	0.28	153.8	<sup>(4)</sup>	...	...
21	7	14	22	6	17	103385.245	0.28	153.8	<sup>(4)</sup>	...	...
21	1	20	21	0	21	103867.269	0.74	102.0	103867.1	0.13	0.08
4	2	3	3	1	2	103920.088	0.19	8.8	103920.1	0.15	0.03
12	1	12	11	1	11	104051.276	11.90	33.6	104051.1	2.15	1.73
13	0	13	12	1	12	104105.820	0.89	38.6	104106.1	0.25	0.13
16	3	13	16	2	14	104359.660	0.98	68.6	104359.1	0.22	0.12
26	8	19	27	7	20	104588.844	0.36	222.0	104589.1	0.07	0.04
26	8	18	27	7	21	104589.004	0.36	222.0	<sup>(1)</sup>	...	...
12	0	12	11	0	11	105469.304	12.00	33.2	105469.1	2.18	1.81
31	9	23	32	8	24	105783.964	0.44	303.3	105785.1	0.10	0.04
31	9	22	32	8	25	105783.964	0.44	303.3	<sup>(1)</sup>	...	...
35	4	32	34	5	29	105959.945	0.56	289.3	<sup>(13)</sup>	...	...
33	3	31	32	4	28	106077.852	0.39	251.1	106078.1	0.04	0.02
15	3	12	15	2	13	106375.033	0.89	61.7	106375.1 <sup>(14)</sup>	0.26	0.12
27	3	24	26	4	23	106562.916	0.49	174.1	106563.1	0.05	0.04
4	2	2	3	1	3	106905.507	0.18	8.7	106906.1	0.08	0.03
12	2	11	11	2	10	107043.527	11.70	37.9	107043.1	2.09	1.80
17	2	16	17	1	17	107481.441	0.63	70.0	<sup>(15)</sup>	...	...
12	7	5	11	7	4	107485.160	7.92	88.0	107486.1	3.54	3.53
12	7	6	11	7	5	107485.160	7.92	88.0	<sup>(1)</sup>	...	...
12	6	7	11	6	6	107486.949	9.00	73.6	<sup>(1)</sup>	...	...
12	6	6	11	6	5	107486.949	9.00	73.6	<sup>(1)</sup>	...	...
12	8	4	11	8	3	107491.574	6.67	104.7	107491.1 <sup>(3)</sup>	2.16	1.75
12	8	5	11	8	4	107491.574	6.67	104.7	<sup>(1)</sup>	...	...
12	5	8	11	5	7	107502.432	9.92	61.4	107503.1	3.36	3.51
12	5	7	11	5	6	107502.432	9.92	61.4	<sup>(1)</sup>	...	...
12	9	3	11	9	2	107503.686	5.25	123.5	<sup>(1)</sup>	...	...
12	9	4	11	9	3	107503.686	5.25	123.5	<sup>(1)</sup>	...	...
12	10	2	11	10	1	107519.861	3.67	144.6	107520.1 <sup>(3)</sup>	1.02	0.70
12	10	3	11	10	2	107519.861	3.67	144.6	<sup>(1)</sup>	...	...
12	11	1	11	11	0	107539.850	1.92	167.9	107543.1 <sup>(6)</sup>	3.22	2.20
12	11	2	11	11	1	107539.850	1.92	167.9	<sup>(1)</sup>	...	...
12	4	9	11	4	8	107544.042	10.70	51.4	<sup>(1)</sup>	...	...
12	4	8	11	4	7	107547.460	10.70	51.4	107547.1	2.36	1.78
12	3	10	11	3	9	107594.056	11.30	43.6	107594.1 <sup>(3)</sup>	2.30	1.71
34	3	31	34	2	32	107702.174	2.53	269.4	107702.0	0.19	0.14
12	3	9	11	3	8	107734.723	11.20	43.6	107735.0 <sup>(3)</sup>	2.14	1.72
11	1	11	10	0	10	108210.415	0.74	28.7	108210.1	0.24	0.13
14	3	11	14	2	12	108227.121	0.81	55.2	108227.1	0.24	0.12
29	2	27	29	2	28	108492.039	0.22	194.7	108492.1	0.04	0.02
28	2	26	28	1	27	108718.660	1.58	182.0	108720.0 <sup>(16)</sup>	0.46	0.13
12	2	10	11	2	9	108940.554	11.70	38.2	108941.0	2.22	1.87
34	3	32	33	4	29	109263.323	0.37	265.5	<sup>(17)</sup>	...	...
12	1	11	11	1	10	109650.263	11.90	35.5	109650.0	2.30	1.98
13	3	10	13	2	11	109881.376	0.74	49.2	109881.0	0.32	0.13
22	1	21	22	1	22	109958.637	0.12	111.5	109958.0 <sup>(7)</sup>	0.16	0.01
15	6	10	16	5	11	111186.955	0.18	91.6	111188.5	0.07	0.04

Continúa en la siguiente página.

TABLA 8.1: LÍNEAS DE CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Frecuencia en reposo (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (K)	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
15	6	9	16	5	12	111188.160	0.18	91.6	<sup>(1)</sup>	...	...
12	3	9	12	2	10	111315.870	0.67	43.5	111316.0	0.30	0.13
22	1	21	22	0	22	111574.577	0.73	111.5	111575.0	0.14	0.09
5	2	4	4	1	3	111910.806	0.22	10.9	111911.0	0.11	0.04
18	2	17	18	1	18	111943.850	0.64	77.6	111944.0	0.18	0.09
20	7	14	21	6	15	112433.549	0.26	144.8	112433.0	0.13	0.05
20	7	13	21	6	16	112433.549	0.26	144.8	<sup>(1)</sup>	...	...
11	3	8	11	2	9	112521.720	0.60	38.4	112522.0	0.19	0.11
13	1	13	12	1	12	112646.350	12.90	39.0	112646.0	2.42	2.25
35	3	32	35	2	33	112985.628	2.51	284.7	112985.0	0.14	0.14
10	3	7	10	2	8	113502.340	0.54	33.6	113502.4	0.36	0.10
25	8	18	26	7	19	113642.712	0.33	210.9	113643.0 <sup>(18)</sup>	0.11	0.05
25	8	17	26	7	20	113642.712	0.33	210.9	<sup>(1)</sup>	...	...
14	0	14	13	1	13	113913.390	0.99	44.5	113914.0 <sup>(19)</sup>	1.16	0.18
13	0	13	12	0	12	113978.270	13.00	38.7	113978.0	2.39	2.34
17	1	16	16	2	15	114188.450	0.59	68.2	114187.9	0.18	0.09
9	3	6	9	2	7	114270.715	0.48	29.4	114271.0	0.26	0.09
45	6	39	44	7	38	114762.745	0.77	486.1	114762.0 <sup>(7)</sup>	0.12	0.02
30	9	22	31	8	23	114835.447	0.41	289.9	114835.0	0.16	0.05
30	9	21	31	8	24	114835.447	0.41	289.9	<sup>(1)</sup>	...	...
8	3	5	8	2	6	114849.355	0.41	25.5	114848.9	0.20	0.08
7	3	4	7	2	5	115265.030	0.35	22.0	<sup>(20)</sup>	...	...
12	1	12	11	0	11	115341.906	0.83	33.6	115341.9	0.29	0.16
6	3	3	6	2	4	115547.391	0.29	19.0	<sup>(2)</sup>	...	...
5	3	2	5	2	3	115725.964	0.23	16.5	115725.9	0.11	0.03

**Nota.-** Líneas de emisión de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN presentes en la ventana de 3 mm del barrido espectral de Orión KL con el telescopio de IRAM de 30 m. Las columnas 1–6 indican los números cuánticos de la transición de la línea, Col. 7 frecuencia en reposo de la transición, Col. 8 la fuerza de línea, Col. 9 la energía del nivel superior, Col. 10 frecuencias observadas asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR de 5 km s<sup>-1</sup>, Col. 11 la intensidad de la línea en temperatura del haz principal (main beam) en el pico y Col. 12 la intensidad de la línea dada por el modelo (ver texto) en temperatura del haz principal (main beam).

(1) Solapada con la línea anterior. (2) Solapada con CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>. (3) Solapada con CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN en estado vibracional de torsión en el plano. (4) Solapada con CH<sub>3</sub>OH. (5) Solapada con OCS  $\nu_2=1$ . (6) Solapada con HCOOCH<sub>3</sub>. (7) Solapada con una línea sin identificar. (8) Solapada con SO<sup>18</sup>O. (9) Solapada con CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN en estado vibracional de torsión fuera del plano. (10) Solapada con SO<sub>2</sub>. (11) Solapada con HCOOH. (12) Solapada con HCCC<sup>15</sup>N. (13) Solapada con SO<sub>2</sub>  $\nu_2=1$ . (14) Solapada con <sup>34</sup>SO<sub>2</sub> y t-CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH. (15) Solapada con la siguiente línea. (16) Solapada con HCC<sup>13</sup>CN. (17) Solapada con SO. (18) Solapada con CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub><sup>13</sup>CN. (19) Solapada con CH<sub>2</sub>CHCN. (20) Solapada con CO.

Este trabajo, en muchas ocasiones, sigue un proceso circular o iterativo en el sentido de que los parámetros obtenidos al estudiar una molécula pueden aplicarse y mejorar los modelos hechos previamente para otra especie o, como hemos visto en la *Parte II* de esta tesis, para la misma especie en otros rangos de frecuencia. Así, aquí presentamos el modelo de la molécula de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN en el estado fundamental como el resultado de la adaptación para este caso del



TABLA 8.2: PARÁMETROS FÍSICOS – CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN

Parámetro	“Plateau”	Núcleo <i>caliente</i>
Diámetro de la fuente (")	30	7
Offset (respecto IRc2) (")	0	3
$n(\text{H}_2)$ (cm <sup>-3</sup> )	$1.0 \times 10^6$	$5.0 \times 10^7$
$T_k$ (K)	150	300
$\Delta v_{FWHM}$ (km s <sup>-1</sup> )	20	5
$v_{LSR}$ (km s <sup>-1</sup> )	9	5
$N$ (cm <sup>-2</sup> )	$4.0 \times 10^{15}$	$3.0 \times 10^{16}$

**Nota.-** Parámetros físicos y densidades de columna considerados para cada componente en el modelo de la emisión de cianuro de etilo.

modelo presentado en el primer artículo que se muestra a continuación para los isotopólogos <sup>13</sup>C de cianuro de etilo. Hemos considerado las mismas componentes y propiedades físicas; las densidades de columna han sido modificadas hasta obtener la máxima aproximación a las líneas observadas. Hemos querido presentar el modelo de esta forma para demostrar que el trabajo realizado en los artículos de la emisión de los isotopólogos de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN es una buena primera aproximación para la realización del trabajo global de esta familia de especies. Lo presentamos como introducción a los mismos para que el lector entienda la importancia de esta molécula en nuestro barrido espectral y aborde la lectura de éstos con una idea de cómo se presentan las líneas de emisión del isotopólogo principal. Tras estas consideraciones, ya podemos mostrar la Fig. 8.3 donde hemos seleccionado líneas de emisión de cianuro de etilo en el estado fundamental presentes en el rango de frecuencias de 3 mm (en negro) y se ha superpuesto el espectro sintético obtenido con nuestro modelo (en rojo). La Tabla 8.2 muestra los parámetros utilizados en nuestro modelo. Como se ha explicado en la *Parte II* de la tesis, hemos utilizado el código de transporte de radiación creado por J. Cernicharo para obtener el espectro sintético. En este caso, hemos aplicado la aproximación ETL debido a que carecemos de coeficientes de colisión para esta molécula; no obstante, al ser la componente del *núcleo caliente* la principal responsable de la emisión, el equilibrio termodinámico local es una buena aproximación. Estimamos el error en los resultados de las densidades de columna de un 30 % debido a efectos de opacidad en la emisión, calibración del espectro y a que el modelo se ha realizado tan sólo para líneas pertenecientes al rango de longitudes de onda de 3 mm.

El desconocimiento de las frecuencias de los isotopólogos de esta molécula hacía imposible un estudio completo de la emisión de cianuro de etilo. Las líneas del isotopólogo principal presentan efectos de opacidad, por lo que tan sólo a través de sus sustituciones isotópicas podemos tener resultados fiables de la abundancia de esta especie en la región. Además, la gran cantidad de líneas encontradas de fuerte intensidad nos advierten de que muchas de las líneas sin identificar en nuestro barrido espectral serán debidas a los isotopólogos menos abundantes de cianuro de etilo. Más aún, al aparecer la emisión casi exclusiva del *núcleo caliente* el estudio profundo de esta familia de especies puede aportar importantes resultados que limiten los parámetros en los estudios químicos de los *núcleos calientes*.

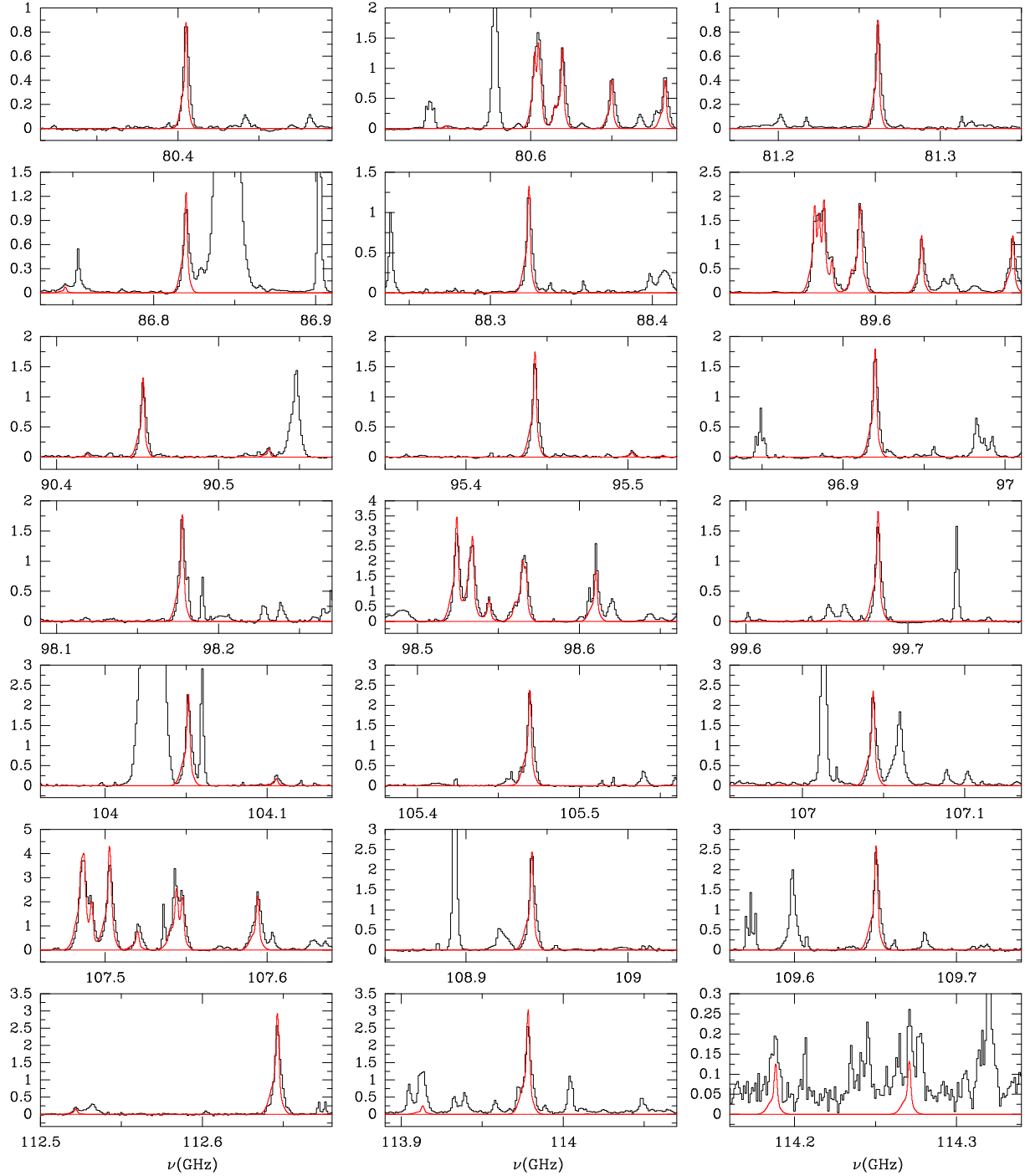


FIGURA 8.3: Selección de líneas de emisión de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  presentes en 3 mm (en negro) junto con el espectro sintético obtenido a través de nuestro modelo (en rojo). El eje de ordenadas se muestra en  $T_{mb}$ .

## 8.4 Isotopólogos de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$

Tras esta primera visión de la emisión de cianuro de etilo en Orión KL y de las reflexiones sobre la importancia del conocimiento de las constantes moleculares para los isotopólogos menos abundantes de esta molécula, pasamos a mostrar los artículos donde se estudian y se detectan en Orión KL los siguientes isotopólogos de  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ :  $^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3^{13}\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2^{13}\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$ . Para  $\text{CH}_3\text{CHDCN}$  y  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$  se estudia el espectro rotacional y se dan límites superiores para sus densidades de columna en Orión KL.

A través de un espectrómetro de onda guiada de transformada de Fourier y uno de modulación de fuente empleando osciladores de onda retardada (backward-wave oscillators, BWOs), se miden las frecuencias del espectro de estas especies en un determinado rango de frecuencias. A partir de estos resultados experimentales y mediante un trabajo iterativo (con predicciones iniciales pobres se detectan líneas obtenidas con los espectrómetros y esas frecuencias se incluyen en una nueva predicción cada vez más precisa y que permite identificar más líneas experimentales) es posible obtener las constantes moleculares de las distintas especies con muy buena precisión y, a partir de ellas, se predice, finalmente, el espectro de rotación de la molécula con una precisión de algunas decenas de kHz (suficiente para el estudio astronómico). Gracias a estos espectros de rotación somos capaces de identificar las líneas presentes de cada especie estudiada en nuestro barrido espectral.

Las notas a la Tabla 11 del segundo artículo han sido añadidas aquí debido a un error en la publicación electrónica del mismo.

# Isotopic ethyl cyanide <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN, CH<sub>3</sub><sup>13</sup>CH<sub>2</sub>CN, and CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub><sup>13</sup>CN: laboratory rotational spectrum and detection in Orion<sup>★,★★</sup>

K. Demyk<sup>1</sup>, H. Mäder<sup>2</sup>, B. Tercero<sup>3</sup>, J. Cernicharo<sup>3</sup>, J. Demaison<sup>1</sup>, L. Margulès<sup>1</sup>, M. Wegner<sup>2</sup>, S. Keipert<sup>2</sup>, and M. Sheng<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, UMR CNRS 8523, Université Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France  
e-mail: Karine.demyk@univ-lille1.fr

<sup>2</sup> Universität Kiel, Institut fuer Physikalische Chemie Olshausenstrasse 40, 24098 Kiel, Germany

<sup>3</sup> Departamento de Astrofísica Molecular e Infrarroja, Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, Calle Serrano 121, 28006 Madrid, Spain

Received 18 December 2006 / Accepted 23 January 2007

## ABSTRACT

**Context.** Astronomical spectra of hot molecular clouds in the wavelength range from centimeter to submillimeter show a huge number of rotational lines due to the emission of complex organic molecules, and a large fraction of these lines are unidentified. The assignment of these unidentified lines to new molecules, to known molecules in excited states, or to their isotopologues requires a good knowledge of the spectroscopic parameters of these molecules.

**Aims.** We present the experimental study of the spectroscopic properties of <sup>13</sup>C-substituted ethyl cyanide <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN, CH<sub>3</sub><sup>13</sup>CH<sub>2</sub>CN, and CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub><sup>13</sup>CN.

**Methods.** The rotational spectra of the three species in the ground state have been measured in the frequency ranges from 5 to 26 GHz using waveguide Fourier transform spectrometers and from 160 to 360 GHz using a source-modulated spectrometer employing backward-wave oscillators (BWOs).

**Results.** A new accurate set of spectroscopic constants has been determined for each isotopic species. This permits prediction of the position of rotational lines that are best suited for detection with an accuracy of a few hundreds of kHz. The three isotopologues have been detected in an Orion IRc2 IRAM survey via several hundred of lines, illustrating that many “unidentified” bands are definitely due to isotopologues of known molecules.

**Key words.** line: identification – methods: laboratory – molecular data – ISM: molecules – radio lines: ISM – submillimeter

## 1. Introduction

Radio spectra of hot molecular clouds (HMCs) exhibit thousands of rotational lines due to the emission of the molecules present in the clouds. Numerous spectral surveys of the chemically richest HMCs (e.g. in Orion, Sagittarius, etc.) have been performed in all the atmospheric spectral windows from 8 to 950 GHz (e.g. Nummelin et al. 1998; Schilke et al. 2001; White et al. 2003; Comito et al. 2005). These surveys show that the spectra are very dense. A large number of molecules have been identified in HMCs and are responsible for the observed emission lines. A non-exhaustive list of complex molecules detected in HMCs includes methyl formate (CH<sub>3</sub>OCHO), acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH), glycolaldehyde (CH<sub>2</sub>OHCHO), dimethyl-ether (CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>), methyl cyanide (CH<sub>3</sub>CN), and ethyl cyanide (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN).

Most of these molecules have also been detected in warm gas around the low-mass protostar IRAS16293-2442

(Cazaux et al. 2003). Some molecules with a large spatial scale have been detected recently in emission and/or absorption: propenal (CH<sub>2</sub>CHCHO) and propanal (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CHO) (Hollis et al. 2004a), acetamide (CH<sub>3</sub>CONH<sub>2</sub>) (Hollis et al. 2006), and glycolaldehyde (Hollis et al. 2004b). Because of the high temperature in HMCs, the low-lying vibrational or torsional state of large molecules can be significantly populated. Transitions from these vibrationally excited states have been detected in Sgr B2(N-LMH) for C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>CN, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH (Nummelin et al. 1998), or CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN (Merhinger et al. 2004). Finally, isotopic species of the most abundant molecules such as CO, SO, SO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH, H<sub>2</sub>CO, NH<sub>3</sub>, HNC, CH<sub>3</sub>CN, HC<sub>3</sub>N, are commonly observed in various astrophysical environments (e.g., Comito et al. 2005; Friedel et al. 2004 for HMCs).

However, a large number of lines in the interstellar spectra remain unidentified. In the Lovas catalogue (Lovas 2004), the unidentified lines (hereafter “U” lines) represent 16% of the observed lines. In most recent surveys of Orion KL and Sgr B2(N), the percentage of unidentified lines is about 8 to 20% (e.g. Nummelin et al. 1998; Schilke et al. 2001; Comito et al. 2005). However, the 3 mm survey of Sgr B2(N) performed by Friedel et al. (2004) with the BIMA array, in which 55% of the observed lines are unidentified, shows that the number of

\* Full Tables 6–8 are only available in electronic form at the CDS via anonymous ftp to cdsarc.u-strasbg.fr (130.79.125.5) or via <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/qcat?J/A+A/466/255>

\*\* Tables 3–5, 9–11 and a sample page of Tables 6–8 are only available in electronic form at <http://www.aanda.org>

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

## Rotational spectrum of deuterated and <sup>15</sup>N ethyl cyanides: CH<sub>3</sub>CHDCN and CH<sub>2</sub>DCH<sub>2</sub>CN and of CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C<sup>15</sup>N<sup>★,★★</sup>

L. Margulès<sup>1</sup>, R. Motiyenko<sup>1</sup>, K. Demyk<sup>2</sup>, B. Tercero<sup>3</sup>, J. Cernicharo<sup>3</sup>, M. Sheng<sup>4</sup>, M. Weidmann<sup>4</sup>, J. Gripp<sup>4</sup>,  
 H. Mäder<sup>4</sup>, and J. Demaison<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, UMR CNRS 8523, Université Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

<sup>2</sup> Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements, UMR CNRS 5187, Université de Toulouse (UPS), 9 avenue du Colonel Roche, BP 4346, 31028 Toulouse, France  
 e-mail: karine.demyk@cesr.fr

<sup>3</sup> Laboratory of Molecular Astrophysics, CAB-CSIC, INTA, Ctra de Torrejón a Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

<sup>4</sup> Universität Kiel, Institut für Physikalische Chemie Olshausenstrasse 40, 24098 Kiel, Germany

Received 1 September 2008 / Accepted 10 October 2008

### ABSTRACT

**Context.** Ethyl cyanide is an abundant molecule in hot molecular clouds. Its rotational spectrum is very dense and several hundreds of rotational transitions within the ground state have been identified in molecular clouds in the 40–900 GHz frequency range. Lines from <sup>13</sup>C isotopically substituted ethyl cyanide were identified in Orion.

**Aims.** To enable the search and the possible detection of other isotopologues of ethyl cyanide in interstellar objects, we have studied the rotational spectrum of deuterated ethyl cyanide: CH<sub>2</sub>DCH<sub>2</sub>CN (in-plane and out-of-plane) and CH<sub>3</sub>CHDCN and the spectrum of <sup>15</sup>N substituted ethyl cyanide CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C<sup>15</sup>N. Using these experimental data, we have searched for these species in Orion.

**Methods.** The rotational spectrum of each species in the ground state was measured in the microwave and millimeter-submillimeter wavelength range using a waveguide Fourier Transform spectrometer (8–17 GHz) and a source-modulated spectrometer employing backward-wave oscillators (BWOs) (150–260 and 580–660 GHz). More than 300 lines were identified for each species, for *J* values in the range 71–80 and *K<sub>a</sub>* values in the range 28–31 depending on the isotopologues. The experimental spectra were analyzed using a Watson's Hamiltonian in the A-reduction.

**Results.** From the fitting procedure, accurate spectroscopic constants were derived for each of the species. These new sets of spectroscopic constants enable us to predict reliably the rotational spectrum (lines frequencies and intensities) in the 4–1000 GHz frequency range and for *J* and *K<sub>a</sub>* up to 80 and 31, respectively. Combined with IRAM 30 m antenna observations of Orion, this experimental study allowed us to detect <sup>15</sup>N substituted ethyl cyanide CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>C<sup>15</sup>N for the first time in Orion. The derived column density and rotational temperature are 10<sup>13</sup> cm<sup>-2</sup> and 150 K for the plateau and 3 × 10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup> and 300 K for the hot core. The deuterated species were searched for but were not detected. The upper limit to the column density of each deuterated isotopologues was 10<sup>14</sup> cm<sup>-2</sup>.

**Key words.** line: identification – methods: laboratory – molecular data – ISM: molecules – radio lines: ISM – submillimeter

### 1. Introduction

Ethyl cyanide, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN, is an asymmetric top molecule with a large dipole moment ( $\mu_a = 3.85$  D and  $\mu_b = 1.23$  D) that exhibits a dense and intense rotational spectrum. It is present in the densest parts of hot molecular cores, where it is proposed to form on dust grains. Several hundreds of lines of CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN in the ground state have been observed towards hot cores such as Orion, Sgr B2 and W51 (Miao & Snyder 1997; Liu et al. 2001) but also toward low mass star-forming regions (Cazaux et al. 2003; Remijan & Hollis 2006). It has a high abundance of the order of 10<sup>15</sup>–10<sup>17</sup> cm<sup>-2</sup> depending on the sources (Miao & Snyder 1997; Remijan et al. 2004; Remijan & Hollis 2006). Transitions from vibrationally excited ethyl cyanide have also

been observed in Sgr B2 (Mehring et al. 2004) and in W51 e2 (Demyk et al. 2008). Numerous lines from <sup>13</sup>C-substituted ethyl cyanide have been detected in Orion Irc2 (Demyk et al. 2007).

All of these observations show that the unidentified lines observed in spectral surveys of molecular clouds are partly due to transitions from known species in vibrationally excited states or from isotopologues of known species. The most promising carriers of these transitions are the so-called *interstellar weeds*, i.e. molecules, such as ethyl cyanide, which have a dense and intense rotational spectrum and/or low-frequency vibrational modes, such as methyl formate HCOOCH<sub>3</sub>, dimethyl-ether CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>, or methanol CH<sub>3</sub>OH. With the increase in sensitivity and frequency coverage that will be achieved with instruments such as HIFI onboard the Herschel Space Observatory and ALMA, the identification of these *U-lines* will become crucial to the search for new molecules but also to obtain important information about the physical and chemical conditions prevailing in the observed sources.

An enormous amount of experimental work must be undertaken to complete the actual knowledge of the rotational spectra

\* Full version of Tables 7 to 10 are only available in electronic form at the CDS via anonymous ftp to cdsarc.u-strasbg.fr (130.79.128.5) or via

<http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/qcat?J/A+A/493/565>

\*\* Tables 3 to 11 are only available in electronic form at

<http://www.aanda.org>

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

### 8.4.1 Resultados más importantes y valoración final

Podemos destacar los siguientes resultados de los artículos anteriores:

- Se consigue medir un número significativo de frecuencias en reposo experimentalmente para distintas transiciones de todos los isotopólogos estudiados en rangos de frecuencia (y por tanto rangos de  $J$  y energía) donde es más posible la detección astronómica.
- Para  $^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  se asignan 193 líneas incluyendo 136 transiciones de dipolo tipo  $a$  y 57 transiciones de dipolo tipo  $b$ . Veintitrés líneas están por debajo de 40 GHz con  $0 \leq J \leq 33$  y  $K_a \leq 8$ . En el rango entre 160–360 GHz se asignan 170 líneas con  $10 \leq J \leq 51$  y  $K_a \leq 24$ .
- Para  $\text{CH}_3^{13}\text{CH}_2\text{CN}$  se asignan 161 líneas incluyendo 84 transiciones de dipolo tipo  $a$  y 77 transiciones de dipolo tipo  $b$ . Sesenta y dos líneas están por debajo de 40 GHz con  $0 \leq J \leq 41$  y  $K_a \leq 8$ . En el rango entre 173–360 GHz se asignan 170 líneas con  $8 \leq J \leq 69$  y  $K_a \leq 32$ .
- Para  $\text{CH}_3\text{CH}_2^{13}\text{CN}$  se asignan 208 líneas incluyendo 81 transiciones de dipolo tipo  $a$  y 127 transiciones de dipolo tipo  $b$ . Por debajo de 40 GHz hay 113 transiciones con  $0 \leq J \leq 60$  y  $K_a \leq 10$ . En el rango entre 255–360 GHz se asignan 95 transiciones con  $6 \leq J \leq 50$  y  $K_a \leq 27$ .
- Para el modo de vibración de plegamiento en el plano de  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$  se asignan 460 líneas, 45 en el rango de frecuencias entre 8–39 GHz y 415 entre 150–660 GHz, con  $J \leq 80$  y  $K_a \leq 28$ .
- Para el modo de vibración de plegamiento fuera del plano de  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$  y  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$  se asignan 554 líneas, 58 en el rango de frecuencias entre 8–39 GHz y 496 entre 150–660 GHz, con  $J \leq 74$  y  $K_a \leq 29$ .
- Para  $\text{CH}_3\text{CHDCN}$  se asignan 277 líneas, 55 en el rango de frecuencias entre 8–39 GHz y 222 entre 150–660 GHz, con  $J \leq 71$  y  $K_a \leq 29$ .
- Para  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$  se asignan 337 líneas, 67 en el rango de frecuencias entre 8–39 GHz y 270 entre 150–660 GHz, con  $J \leq 78$  y  $K_a \leq 31$ .
- Se determinan las constantes moleculares de estas especies con alta precisión.
- Se predice el espectro rotacional para cada una de las sustituciones isotópicas de  $^{13}\text{C}$  de cianuro de etilo hasta una frecuencia de 600 GHz y  $J \leq 60$ .
- Se predice el espectro rotacional para la sustitución de cianuro de etilo deuterado y para  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$  hasta una frecuencia de 1 000 GHz,  $J \leq 80$  y  $K_a \leq 31$ .
- Se detectan, por primera vez en el medio interestelar:  $^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3^{13}\text{CH}_2\text{CN}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2^{13}\text{CN}$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$ .
- Más de 700 líneas, antes sin identificar en nuestro barrido espectral, pertenecen a estas especies.
- Las componentes del *núcleo caliente* y del “plateau” son las únicas que presentan emisión en las líneas de las especies detectadas.



- Se aportan valores para las densidades de columna de las especies detectadas y límites superiores para las densidades de columna de las especies no detectadas ( $\text{CH}_3\text{CHDCN}$  y  $\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$ ).
- Se obtiene la relación isotópica  $^{13}\text{C}/^{15}\text{N} \sim 5-6$ , similar a la solar.

En la introducción previa a los artículos ya insistimos en el enorme potencial de estos estudios para identificar gran cantidad de líneas procedentes de estas especies en espectros de muy diversas fuentes y en un amplio rango de longitudes de onda. En los artículos se muestra el ejemplo de la detección de estas especies en Orión KL, aportando, además, resultados físicos y químicos que amplían el conocimiento tanto para los modelos de la fuente como para los modelos de la química de *núcleos calientes*.

## Capítulo 9

# Formiato de metilo: $\text{HCOOCH}_3$

A continuación, siguiendo la línea del capítulo anterior, mostraremos los artículos publicados en colaboración con espectroscopistas donde estudiamos el espectro en el laboratorio y la emisión en el medio interestelar de las principales sustituciones isotópicas de formiato de metilo ( $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ,  $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ ,  $\text{DCOOCH}_3$ ,  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$  y  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$ ). Como introducción a los trabajos publicados daremos una visión general de la emisión de formiato de metilo en nuestro barrido espectral de Orión KL. Para finalizar el capítulo, resumiremos los resultados más importantes obtenidos en esta investigación.

### 9.1 Motivaciones

Al igual que el cianuro de etilo,  $\text{HCOOCH}_3$  es una de las moléculas más abundantes encontradas en nuestro barrido espectral. Su emisión se concentra, principalmente, en la componente del “*ridge*” *compacto* y cuenta con líneas de emisión de hasta 20 K en temperatura del haz principal (temperatura de main beam). Además, la molécula es trompo asimétrica con rotación interna del grupo metilo ( $-\text{CH}_3$ ) (ver Fig. 9.1). La amplitud de esta rotación interna o torsión da lugar a distintos estados excitados donde cada uno de ellos está degenerado en dos subestados: el nivel no degenerado A y el nivel doblemente degenerado E. Esta complejidad en la estructura molecular aporta un denso espectro rotacional, siendo esta molécula la que muestra más líneas de emisión en nuestro barrido espectral.

En este caso, también se desconocían con precisión las constantes rotacionales de sus principales sustituciones isotópicas y de sus estados excitados, por lo que antes del año 2003 sólo éramos capaces de detectar el isotopólogo principal en el estado fundamental. El conocimiento del espectro rotacional de las principales sustituciones isotópicas de esta molécula permite (i) identificar unas 600 líneas en nuestro barrido espectral; (ii) distintos trabajos y barridos espectrales, tanto de Orión como de otras nubes moleculares, se beneficiarán de estos resultados, dotando a sus trabajos de mayor precisión reduciendo el número de líneas sin identificar; (iii) derivar propiedades físicas y químicas a través de las relaciones de abundancia entre los distintos

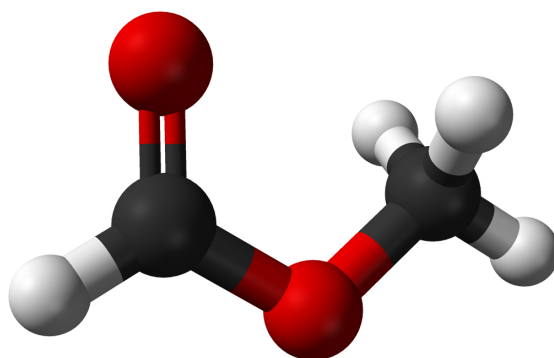


FIGURA 9.1: Estructura de la molécula de formiato de metilo. Las bolas blancas representan los átomos de hidrógeno, las negras los de carbono y las rojas los átomos de oxígeno. Fuente: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Methyl-formate-3D-balls.png>

isotopólogos; (iv) mejorar el conocimiento en el campo de la espectroscopía ampliando los catálogos de frecuencias de transiciones atómicas y moleculares y proveyendo nuevas constantes moleculares.

## 9.2 Aproximación histórica

El espectro de microondas de formiato de metilo fue investigado primeramente por Curl (1959) quien midió 29 líneas en el rango de frecuencias entre 8–30 GHz y los momentos dipolares de la molécula ( $\mu_a = 1.63$  D y  $\mu_b = 0.68$  D). A través de las constantes moleculares dadas en este estudio, Brown et al. (1975) calcularon las frecuencias de la transición  $1_{1,0}$ – $1_{1,1}$  para cada subestado A y E, siendo así capaces de dar la primera detección de formiato de metilo (subestado A) en el medio interestelar (en la nube molecular SgrB2). Ese mismo año y también en Sgr B2 Churchwell & Winnewisser (1975), observaron los dos subestados (A y E) de formiato de metilo. A partir de entonces multitud de trabajos han estudiado el espectro rotacional de esta molécula a la par que era ampliamente detectada en gran diversidad de fuentes del medio interestelar a través de miles de sus transiciones. Ordenados de manera cronológica, citamos los estudios del espectro rotacional del isotopólogo principal de formiato de metilo en el nivel fundamental a partir de Curl (1959): entre 8–58 GHz por Bauder (1979), entre 150–313 GHz por Demaison et al. (1983), entre 216–506 GHz por Plummer et al. (1984), entre 200–352 GHz por Plummer et al. (1986), entre 250–510 por Oesterling et al. (1999), entre 7–200 GHz por Karakawan et al. (2001) y Ogata et al. (2004), entre 567–669 GHz por Carvajal et al. (2007) y entre 110–380 GHz por Maeda et al. (2008). Además en el 2009, Ilyushin et al. (2009) a través de nuevas medidas de frecuencias y de los datos publicados en trabajos anteriores, consiguen un total de unas 10 000 líneas para un ajuste global que proporciona unas constantes moleculares con un alto grado de precisión.  $\text{HCOOCH}_3$  ha sido detectado en *núcleos calientes* en regiones de formación de estrellas masivas (como Orión KL, SgrB2 o W51), en *hot corinos* en regiones de formación de estrellas poco masivas (NGC1333-IRAS4B y IRAS2A) y en cometas, i. e. Blake et al. (1987); Miao et al. (1995); Schilke et al. (1997); Lovas (2004); Bottinelli et al. (2004, 2007); Bockelée-Morvan et al. (1997). Para una introducción sobre los estudios de formiato de metilo torsionalmente excitado que a partir de 2003 fueron publicados ver la introducción del artículo de Carvajal et al. (2009) que mostramos en este capítulo. Así mismo, remitimos al lector a esa misma introducción para una aproximación histórica de los estudios del espectro de las principales sustituciones isotópicas de  $\text{HCOOCH}_3$  previos a nuestro trabajo.

## 9.3 $\text{HCOOCH}_3$ en Orión KL

La visión general de la emisión de formiato de metilo en nuestro barrido espectral se dará de manera análoga a la muestra de la emisión del cianuro de etilo en el capítulo anterior. Algunos razonamientos y explicaciones estarán repetidos por si hay lectores que están interesados únicamente en la molécula que aquí nos ocupa y no han leído la parte referente a  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ .

Formiato de metilo es una molécula que domina gran parte del espectro en nuestro barrido espectral. En la Fig. 9.2 vemos el espectro total observado (en azul) y superpuestas (en rojo) las líneas que pertenecen al isotopólogo principal de  $\text{HCOOCH}_3$  en el estado fundamental<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>Este espectro sintético de formiato de metilo ha sido realizado con el código de transporte de radiación de J. Cernicharo explicado en la *Parte II* de esta tesis; el modelo físico para reproducir el espectro de esta molécula en Orión KL se explica más abajo.

la figura nos da una idea a simple vista de la alta densidad de líneas de formiato de metilo que podemos encontrar al hacer las identificaciones.

Terminado el proceso de identificación de las líneas más intensas de nuestro barrido espectral, concluimos que más de 2 000 características espectrales correspondían principalmente a la emisión de HCOOCH<sub>3</sub> (isotópologo principal) en el estado fundamental y que transiciones de tipo dipolo *a* con un número cuántico  $K_a$  no muy elevado podían llegar a mostrar líneas de emisión con intensidades del orden de unos 20 K (en  $T_{MB}$ ). Hasta la conclusión de los trabajos mostrados en este capítulo, no era posible un estudio en profundidad de la familia de especies isotopológicas del formiato de metilo, siguiendo la línea de acción que habíamos trazado para el análisis de nuestro barrido espectral, ya que no se disponía de buenas constantes moleculares para los isotopólogos secundarios de formiato de metilo (isotopólogos que debían estar presentes en nuestro espectro debido a la alta intensidad mostrada por la emisión de isotópologo principal). Aquí daremos una muestra de la emisión del isotópologo principal en la ventana de 3 mm (fíjese el lector en la Fig. 9.2 para ver que la ventana de 3mm –80-115.5 GHz– supone un 20 % del barrido total). En la Tabla 9.1 se muestran las 281 líneas de emisión de esta molécula en el dominio de 3 mm. La tabla está ordenada según aumenta la frecuencia y podemos encontrar tanto las transiciones de *dipolo tipo a* ( $K'_a=K''_a$ ) como las de *dipolo tipo b* ( $K'_a \neq K''_a$ ), además de los dos subestados (A y E) de la molécula. Las constantes moleculares para el cálculo de las frecuencias en reposo han sido tomadas de Ogata et al. (2004); los momentos dipolares son los mismos que hemos mencionado anteriormente (Curl, 1959). La frecuencia observada se muestra asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR (Sistema Local de Reposo) de 7.5 km s<sup>-1</sup> (velocidad a la que aparecen las líneas características del “*ridge*” *compacto*); en la última columna se muestran las temperaturas de haz principal (main beam) obtenidas mediante un modelo que trata de reproducir los perfiles de las líneas de emisión de estas moléculas. Las diferencias entre la intensidad observada y la obtenida por el modelo son significativas para líneas con emisión muy débil y son debidas, principalmente, a la dificultad de obtener una buena línea de base para estas líneas tan débiles. Para las líneas con una intensidad observada mayor de 0.1 K, las diferencias no superan el 50% salvo para las líneas que se encuentran solapadas con otras especies.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE HCOOCH<sub>3</sub> PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
7	0	7	6	0	6	E	79781.65	15.7	18.4	79782.4	0.61	1.11
7	0	7	6	0	6	A	79783.89	15.7	18.3	79784.4	0.72	1.10
12	4	8	12	3	9	E	79841.03	57.0	3.50	79841.5	0.12	0.11
12	4	8	12	3	9	A	79849.35	57.0	3.57	79849.4	0.12	0.11
9	2	8	9	0	9	A	80433.03	28.8	0.65	80433.5	0.01	0.03
10	2	8	9	3	7	E	80564.98	36.5	0.90	80565.3	0.02	0.03
10	2	8	9	3	7	A	80572.58	36.5	0.89	<sup>(1)</sup>	...	...
15	4	11	14	5	10	A	80652.48	82.6	0.85	<sup>(2)</sup>	...	...
15	4	11	14	5	10	E	80659.08	82.7	0.90	80659.5	0.01	0.02
13	2	11	13	1	12	E	81167.69	58.6	2.80	81168.4	0.11	0.09
13	2	11	13	1	12	A	81217.81	58.5	2.90	81218.4	0.12	0.09
16	3	13	16	2	14	E	81314.10	89.2	4.60	81314.5	0.13	0.09
16	3	13	16	2	14	A	81362.37	89.3	4.63	81362.5	0.13	0.09

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE  $\text{HCOOCH}_3$  PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
3	2	1	2	1	2	E	81380.58	6.3	0.60	81380.6	0.05	0.05
3	2	1	2	1	2	A	81392.27	6.2	0.64	81392.4	0.07	0.05
17	4	14	16	5	11	A	81435.88	101.4	0.83	81436.4	0.05	0.01
17	4	14	16	5	11	E	81453.88	101.4	0.90	81454.4	0.05	0.01
7	1	7	6	0	6	E	82242.95	15.9	2.40	82243.5	0.18	0.16
7	1	7	6	0	6	A	82244.48	15.8	2.46	<sup>(3)</sup>	...	...
19	4	15	19	3	16	E	82523.41	126.2	6.50	82523.5	0.14	0.07
19	4	15	19	3	16	A	82561.88	126.2	6.49	82562.4	0.12	0.07
10	3	8	10	2	9	E	83605.20	38.4	2.20	83605.4	0.17	0.10
10	3	8	10	2	9	A	83638.45	38.5	2.30	83638.4	0.12	0.10
11	4	7	11	3	8	E	84224.80	49.9	3.00	84225.4	0.13	0.12
11	4	7	11	3	8	A	84233.35	49.8	3.05	84233.5	0.17	0.12
7	2	6	6	2	5	E	84449.10	19.0	17.2	84449.4	0.98	1.06
7	2	6	6	2	5	A	84454.77	19.0	17.0	84455.5	0.73	1.06
4	2	3	3	1	2	E	85638.35	8.5	0.80	85638.5	0.06	0.07
4	2	3	3	1	2	A	85655.81	8.5	0.88	85656.4	0.11	0.07
21	5	16	21	4	17	E	85761.88	155.8	7.90	<sup>(2)</sup>	...	...
21	5	16	21	4	17	A	85773.42	155.8	7.80	85773.4	0.15	0.06
20	5	15	20	4	16	E	85780.70	142.8	7.30	85781.2	0.13	0.07
20	5	15	20	4	16	A	85785.38	142.8	7.29	85785.4	0.16	0.07
7	6	1	6	6	0	E	85919.09	40.4	5.00	85919.4	0.30	0.23
7	6	2	6	6	1	E	85926.51	40.4	5.00	85927.3 <sup>(4)</sup>	1.34	0.60
7	6	2	6	6	1	A	85927.24	40.4	4.94	<sup>(3)</sup>	...	...
7	6	1	6	6	0	A	85927.25	40.4	4.94	<sup>(3)</sup>	...	...
7	5	2	6	5	1	E	86021.01	33.2	9.20	86021.3	0.49	0.47
7	5	3	6	5	2	E	86027.67	33.2	9.20	86028.3	0.49	0.49
7	5	3	6	5	2	A	86029.45	33.1	9.12	86030.3	0.85	0.78
7	5	2	6	5	1	A	86030.21	33.1	9.12	<sup>(3)</sup>	...	...
7	4	4	6	4	3	A	86210.07	27.2	12.5	86210.3	0.73	0.69
7	4	3	6	4	2	E	86223.55	27.2	12.6	86224.4	1.22	1.23
7	4	4	6	4	3	E	86224.11	27.2	12.6	<sup>(3)</sup>	...	...
7	4	3	6	4	2	A	86250.56	27.2	12.5	<sup>(5)</sup>	...	...
7	3	5	6	3	4	A	86265.81	22.6	15.2	86266.3	0.79	0.93
7	3	5	6	3	4	E	86268.66	22.6	15.2	86269.3	0.73	0.93
17	3	14	17	3	15	E	86854.60	99.7	1.90	<sup>(6)</sup>	...	...
17	3	14	17	3	15	A	86917.65	99.8	1.88	86918.3	0.07	0.04
7	3	4	6	3	3	E	87143.20	22.7	15.2	87143.3	0.85	0.92
7	3	4	6	3	3	A	87161.29	22.5	15.2	87161.3	0.85	0.92
10	2	9	10	1	10	E	87509.17	34.4	1.30	87509.3	0.12	0.07
10	2	9	10	1	10	A	87552.37	34.5	1.34	87552.3	0.10	0.07
8	0	8	7	1	7	E	87766.31	20.1	2.80	87766.4	0.21	0.18
8	0	8	7	1	7	A	87769.04	20.1	2.88	87769.5	0.23	0.18
19	5	14	19	4	15	E	88054.03	130.5	6.60	88054.5	0.30	0.30
19	5	14	19	4	15	A	88054.51	130.4	6.63	<sup>(3)</sup>	...	...
10	2	9	10	0	10	A	88116.05	34.5	0.69	88116.4	0.07	0.04
10	4	6	10	3	7	E	88175.63	43.2	2.50	88175.5	0.15	0.11
10	4	6	10	3	7	A	88180.43	43.2	2.61	88180.5	0.16	0.11
19	5	15	18	6	12	E	88261.47	129.6	1.10	88261.4	0.05	0.02

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE HCOOCH<sub>3</sub> PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
19	5	15	18	6	12	A	88261.84	129.6	1.01	<sup>(3)</sup>	...	...
22	5	17	22	4	18	E	88337.81	169.5	8.20	88338.4	0.12	0.06
22	5	17	22	4	18	A	88358.48	169.5	8.11	88358.5	0.17	0.06
18	4	15	17	5	12	A	88457.94	112.1	0.81	88458.5	0.04	0.01
18	4	15	17	5	12	E	88482.64	112.1	0.90	88483.4	0.05	0.01
11	3	9	11	2	10	E	88686.91	45.0	2.40	88687.4	0.12	0.10
11	3	9	11	2	10	A	88723.28	45.0	2.44	88723.5	0.24	0.11
7	1	6	6	1	5	E	88843.12	18.0	18.2	88843.4	1.10	1.23
7	1	6	6	1	5	A	88851.61	17.9	18.0	88851.5	0.73	1.21
8	1	8	7	1	7	E	89314.59	20.2	21.0	89316.4 <sup>(7)</sup>	2.32	1.41
8	1	8	7	1	7	A	89316.65	20.1	20.8	<sup>(3)</sup>	...	...
11	1	10	11	1	11	E	89415.06	40.4	0.70	89416.4 <sup>(4)</sup>	0.18	0.04
11	1	10	11	1	11	A	89466.60	40.4	0.75	89466.5	0.05	0.04
11	1	10	11	0	11	E	89745.66	40.4	1.30	89746.4	0.06	0.06
11	1	10	11	0	11	A	89796.90	40.4	1.38	89797.5	0.10	0.06
7	2	5	6	2	4	E	90145.63	19.7	17.3	90146.4	0.86	1.16
7	2	5	6	2	4	A	90156.48	19.7	17.1	90156.5	0.99	1.10
8	0	8	7	0	7	E	90227.59	20.1	21.0	90229.5	0.99	1.43
8	0	8	7	0	7	A	90229.63	20.1	20.9	<sup>(3)</sup>	...	1.42
9	4	5	9	3	6	A	91356.77	37.2	2.22	91357.4	0.16	0.12
9	4	5	9	3	6	E	91366.59	37.3	2.00	91366.4	0.12	0.12
14	2	12	14	2	13	E	91381.66	66.9	1.30	91382.5	0.09	0.04
14	2	12	14	2	13	A	91439.70	67.0	1.33	91440.4	0.12	0.04
8	1	8	7	0	7	E	91775.88	20.2	2.90	91777.5	0.49	0.31
20	4	16	20	3	17	E	91776.80	138.7	6.40	<sup>(3)</sup>	...	...
8	1	8	7	0	7	A	91777.23	20.1	2.92	<sup>(3)</sup>	...	...
20	4	16	20	3	17	A	91825.25	138.7	6.34	91825.5	0.19	0.07
18	5	13	18	4	14	A	92073.15	118.8	5.93	92074.4	0.37	0.13
18	5	13	18	4	14	E	92074.10	118.8	5.90	<sup>(3)</sup>	...	...
21	4	17	21	4	18	E	92419.09	151.7	2.30	92419.5	0.06	0.02
13	3	10	12	4	9	E	92460.31	61.3	0.90	92460.4	0.05	0.03
13	3	10	12	4	9	A	92470.02	61.3	0.90	92470.4	0.07	0.03
9	3	7	9	1	8	A	92588.89	32.6	0.46	92589.5 <sup>(4)</sup>	0.27	0.03
17	3	14	17	2	15	E	92884.12	99.7	4.40	92884.5	0.21	0.09
17	3	14	17	2	15	A	92940.35	99.8	4.47	92940.5	0.22	0.09
19	4	16	18	5	13	A	93033.33	123.3	0.75	93033.4	0.05	0.01
19	4	16	18	5	13	E	93066.59	123.3	0.80	93066.4	0.05	0.01
10	3	8	10	1	9	A	93190.95	38.5	0.63	93191.5	0.10	0.03
14	2	12	14	1	13	E	93205.66	66.9	2.80	93206.5	0.17	0.10
14	2	12	14	1	13	A	93261.76	67.0	2.83	93262.5	0.22	0.10
8	3	6	8	1	7	A	93383.98	27.2	0.30	93384.5	0.04	0.02
8	4	5	8	3	5	E	93396.65	31.9	0.40	93396.5	0.02	0.02
8	4	4	8	3	5	A	93660.08	31.9	1.86	93660.5	0.20	0.11
23	5	18	23	4	19	E	93671.14	183.9	8.40	93671.4 <sup>(4)</sup>	0.20	0.05
8	4	4	8	3	5	E	93701.28	31.9	1.40	93701.6	0.19	0.20
23	5	18	23	4	19	A	93702.62	183.8	8.20	<sup>(3)</sup>	...	...
9	1	8	8	2	7	E	94378.49	28.2	1.70	94379.4	0.10	0.11
9	1	8	8	2	7	A	94387.58	28.1	1.69	94388.5	0.11	0.11

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE  $\text{HCOOCH}_3$  PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
12	3	10	12	2	11	E	94626.88	52.1	2.50	94627.5	0.15	0.11
5	2	4	4	1	3	E	94632.72	11.5	1.00	94633.4	0.10	0.09
5	2	4	4	1	3	A	94647.32	11.4	1.02	94647.5	0.10	0.09
12	3	10	12	2	11	A	94666.98	52.0	2.54	94667.5	0.16	0.11
7	4	4	7	3	4	E	94979.23	27.2	0.50	94979.4	0.06	0.03
7	4	3	7	3	4	A	95175.96	27.2	1.52	95176.4	0.15	0.10
7	4	3	7	3	4	E	95247.99	27.2	1.00	95248.4	0.09	0.06
25	5	20	25	5	21	E	95267.52	214.4	2.80	95268.5	0.10 <sup>(4)</sup>	0.01
11	3	9	11	1	10	A	95363.84	45.0	0.81	95364.4	0.05	0.04
21	6	15	20	7	14	A	95790.32	161.6	1.13	95790.5	0.03	0.01
21	6	15	20	7	14	E	95813.60	161.6	1.20	95813.4	0.04	0.01
6	4	3	6	3	3	E	95898.31	23.1	0.40	95898.4	0.02	0.02
11	2	10	11	1	11	E	96059.07	40.7	1.30	96059.4	0.15	0.07
8	2	7	7	2	6	E	96070.66	23.6	20.0	96071.4	1.11	1.40
8	2	7	7	2	6	A	96076.85	23.6	19.8	96077.5	1.23	1.35
6	4	2	6	3	3	A	96086.69	23.0	1.18	96087.4	0.12	0.08
11	2	10	11	1	11	A	96107.16	40.7	1.36	96107.4	0.11	0.07
6	4	2	6	3	3	E	96167.64	23.0	0.80	96167.4	0.09	0.05
11	2	10	11	0	11	A	96437.46	40.7	0.72	96437.5	0.06	0.04
7	4	4	7	3	5	E	96507.99	27.2	1.00	96508.4	0.09	0.06
6	4	3	6	3	4	E	96552.55	23.1	0.80	96552.4	0.11	0.05
5	4	1	5	3	2	A	96586.64	19.5	0.83	<sup>(8)</sup>	...	...
8	4	5	8	3	6	E	96613.16	31.9	1.40	96613.4	0.14	0.09
7	4	4	7	3	5	A	96637.81	27.2	1.51	96638.4	0.12	0.10
5	4	1	5	3	2	E	96648.10	19.5	0.70	96648.4	0.11	0.05
5	4	2	5	3	3	E	96670.90	19.5	0.70	96671.4	0.09	0.05
6	4	3	6	3	4	A	96693.55	23.0	1.17	96693.4	0.07	0.08
8	4	5	8	3	6	A	96709.26	31.9	1.84	96709.4	0.16	0.11
5	4	2	5	3	3	A	96794.11	19.5	0.83	96794.5	0.07	0.06
4	4	1	4	3	2	E	96800.91	16.5	0.40	96801.4	0.06	0.04
6	4	2	6	3	4	E	96821.88	23.0	0.40	96822.5	0.05	0.02
4	4	0	4	3	1	A	96835.29	16.5	0.45	96835.5	0.02	0.03
4	4	0	4	3	1	E	96859.39	16.5	0.40	96859.5	0.05	0.03
4	4	1	4	3	2	A	96888.04	16.5	0.45	96888.5	0.06	0.04
8	4	4	8	3	6	E	96917.79	31.9	0.40	<sup>(2)</sup>	...	...
9	4	6	9	3	7	E	96956.87	37.3	2.00	96957.4	0.19	0.11
9	4	6	9	3	7	A	97018.13	37.2	2.16	97018.5	0.19	0.12
17	5	12	17	4	13	E	97199.23	107.8	5.20	97199.4	0.44	0.42
17	5	12	17	4	13	A	97199.27	107.8	5.25	<sup>(3)</sup>	...	...
4	2	2	3	1	3	E	97318.57	8.6	0.60	97319.0	0.05	0.05
4	2	2	3	1	3	A	97339.25	8.6	0.59	97339.5	0.08	0.05
10	4	7	10	3	8	E	97651.39	43.2	2.40	97651.5	0.31	0.13
8	7	1	7	7	0	E	98182.20	53.8	5.00	98182.5	0.63	0.22
8	7	2	7	7	1	A	98190.67	53.7	4.99	98191.4	0.69	0.56
8	7	1	7	7	0	A	98190.67	53.7	4.99	<sup>(3)</sup>	...	...
8	7	2	7	7	1	E	98191.41	53.8	5.00	<sup>(3)</sup>	...	...
8	6	2	7	6	1	E	98270.37	45.1	9.40	98270.4	0.50	0.48
8	6	3	7	6	2	E	98278.87	45.1	9.40	98279.5	1.13	1.24

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE HCOOCH<sub>3</sub> PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
8	6	3	7	6	2	A	98279.76	45.2	9.31	<sup>(3)</sup>	...	...
8	6	2	7	6	1	A	98279.80	45.2	9.31	<sup>(3)</sup>	...	...
8	5	3	7	5	2	E	98424.08	37.9	13.1	98424.4	0.75	0.76
8	5	4	7	5	3	E	98431.75	37.9	13.1	98432.5	1.25	1.19
8	5	4	7	5	3	A	98432.77	37.8	13.0	<sup>(3)</sup>	...	...
8	5	3	7	5	2	A	98435.82	37.8	13.0	98436.5	0.75	0.76
8	4	5	7	4	3	E	98443.16	31.9	0.50	98443.4	0.08	...
8	3	6	7	3	5	E	98606.77	27.3	18.4	98607.5	1.25	1.21
8	3	6	7	3	5	A	98611.17	27.2	18.3	98611.4 <sup>(2)</sup>	2.75	1.27
8	4	5	7	4	4	A	98682.63	31.9	15.9	98682.5	1.00	1.02
8	4	5	7	4	4	E	98711.93	31.9	15.6	98712.4	1.13	0.97
8	4	4	7	4	3	E	98747.80	31.9	15.6	98748.4	1.00	0.93
8	4	4	7	4	3	A	98792.31	31.9	16.0	98792.4	1.00	1.01
11	4	8	11	3	9	E	98839.60	49.8	2.70	98839.5	0.13	0.13
11	4	8	11	3	9	A	98875.24	49.7	2.76	98875.5	0.20	0.14
8	4	4	7	4	4	E	99016.56	31.9	0.50	99017.4	0.08	...
12	3	10	12	1	11	A	99111.38	52.0	0.96	99111.5	0.08	0.04
9	0	9	8	1	8	E	99133.19	24.9	3.30	99133.5	0.31	0.24
9	0	9	8	1	8	A	99135.77	24.9	3.37	99136.5	0.28	0.25
11	2	9	10	3	8	E	99166.52	43.3	1.10	99167.4	0.08	0.06
11	2	9	10	3	8	A	99179.26	43.2	1.15	99179.4	0.15	0.06
20	5	16	19	6	13	A	99479.45	141.6	1.06	99480.4	0.06	0.01
20	5	16	19	6	13	E	99484.88	141.6	1.20	99485.5	0.03	0.01
9	1	9	8	1	8	E	100078.53	24.9	23.6	100078.5	7.50 <sup>(9)</sup>	1.76
9	1	9	8	1	8	A	100080.55	24.9	23.5	<sup>(3)</sup>	...	0.73
8	3	5	7	3	4	E	100294.51	27.3	18.4	100295.4	1.00	1.28
8	3	5	7	3	4	A	100308.19	27.4	18.3	100308.5	1.38	1.29
16	4	12	15	5	11	E	100415.38	92.6	1.00	100416.4	0.06	0.02
16	4	12	15	5	11	A	100424.82	92.5	0.97	100425.5	0.09	0.02
8	1	7	7	1	6	E	100482.17	22.7	20.8	100482.5	1.25	1.55
8	1	7	7	1	6	A	100490.69	22.8	20.6	100491.4	1.25	1.56
12	1	11	12	1	12	E	100543.78	47.3	0.80	100544.4	0.19	0.04
12	1	11	12	1	12	A	100599.90	47.3	0.76	100600.5	0.10	0.04
12	4	9	12	3	10	E	100659.70	56.8	3.00	100660.4	0.50 <sup>(10)</sup>	0.14
9	0	9	8	0	8	E	100681.48	24.9	23.7	100681.5	1.25	1.80
9	0	9	8	0	8	A	100683.38	24.9	23.5	100683.5	1.75	1.78
12	4	9	12	3	10	A	100693.15	56.8	3.04	100693.4	0.25	0.14
12	1	11	12	0	12	E	100734.77	47.3	1.40	100735.4	0.15	0.07
12	1	11	12	0	12	A	100790.68	47.3	1.38	100791.5	0.09	0.07
25	6	19	25	5	20	A	101302.17	219.3	9.14	101302.4	0.18	0.05
25	6	19	25	5	20	E	101305.53	219.4	9.40	101305.5	0.11	0.05
13	3	11	13	2	12	E	101370.52	59.7	2.60	101370.4	0.18	0.11
13	3	11	13	2	12	A	101414.77	59.6	2.62	101415.4	0.18	0.11
18	3	15	18	3	16	E	101477.30	110.8	1.80	<sup>(11)</sup>	...	...
18	3	15	18	3	16	A	101545.47	110.7	1.85	101545.4	0.08	0.04
9	1	9	8	0	8	E	101626.82	24.9	3.30	101627.5	0.44	0.24
9	1	9	8	0	8	A	101628.16	24.9	3.39	<sup>(3)</sup>	...	...
24	5	19	24	4	20	E	101728.84	198.8	8.30	101729.4	0.19	0.05

Continúa en la siguiente página.



TABLA 9.1: LÍNEAS DE  $\text{HCOOCH}_3$  PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
24	5	19	24	4	20	A	101771.87	198.9	8.09	101772.5	0.20	0.05
26	6	20	26	5	21	E	101839.93	235.5	10.0	101840.4	0.13	0.04
26	6	20	26	5	21	A	101846.44	235.5	9.61	101846.5	0.10	0.04
22	6	17	21	7	14	E	102105.02	174.4	1.30	102105.4	0.04	0.01
22	6	17	21	7	14	A	102117.76	174.5	1.19	102118.4	0.04	0.01
16	5	11	16	4	12	E	102734.34	97.5	4.60	102734.5	0.25	0.12
16	5	11	16	4	12	A	102736.91	97.5	4.65	102737.5	0.25	0.12
6	2	5	5	1	4	E	102897.08	14.9	1.10	102897.5	0.19	0.11
6	2	5	5	1	4	A	102909.30	14.9	1.19	102909.5	0.19	0.10
21	4	17	21	3	18	E	103057.06	151.7	6.20	103057.5	0.25	0.07
13	4	10	13	3	11	E	103228.41	64.6	3.20	103228.4	0.25	0.13
21	4	17	21	3	18	A	103114.88	151.8	6.13	103115.4	0.21	0.07
13	4	10	13	3	11	A	103262.11	64.6	3.29	103262.4	0.28	0.14
24	6	18	24	5	19	A	103376.89	203.9	8.49	103377.4	0.18	0.05
24	6	18	24	5	19	E	103387.23	203.9	8.70	103387.5	0.25	0.05
8	2	6	7	2	5	E	103466.48	24.6	20.2	103467.4	1.13	1.53
8	2	6	7	2	5	A	103478.66	24.6	20.0	103479.5	1.38	1.54
15	2	13	15	2	14	E	104234.06	76.0	1.30	<sup>(12)</sup>	...	...
15	2	13	15	2	14	A	104296.45	76.0	1.35	<sup>(13)</sup>	...	...
13	3	11	13	1	12	A	104297.07	59.6	1.09	<sup>(13)</sup>	...	...
12	2	11	12	1	12	E	104991.28	47.5	1.30	104991.5	0.14	0.08
12	2	11	12	1	12	A	105044.31	47.5	1.37	105044.4	0.14	0.08
12	2	11	12	0	12	A	105235.08	47.5	0.75	105235.5	0.11	0.04
27	6	21	27	5	22	E	105281.17	252.3	10.3	105281.5	0.13	0.04
27	6	21	27	5	22	A	105299.70	252.4	9.85	105300.4	0.18	0.03
15	2	13	15	1	14	E	105363.67	76.0	2.80	105364.4	0.15	0.10
15	2	13	15	1	14	A	105424.64	76.0	2.79	105425.4	0.16	0.10
18	3	15	18	2	16	E	105458.97	110.8	4.30	105459.4 <sup>(4)</sup>	0.32	0.10
18	3	15	18	2	16	A	105521.81	110.7	4.34	105522.5	0.19	0.09
3	3	1	2	2	0	E	105815.98	9.5	0.20	105816.4	0.05	0.02
3	3	1	2	2	0	A	105977.94	9.5	1.14	105978.4	0.19	0.11
3	3	1	2	2	1	E	106018.91	9.5	0.90	106019.4	0.14	0.08
3	3	0	2	2	0	E	106031.77	9.5	0.90	106032.4	0.14	0.08
3	3	0	2	2	1	A	106125.34	9.5	1.14	106125.5	0.19	0.11
3	3	0	2	2	1	E	106234.70	9.5	0.20	106235.5	0.03	0.02
14	4	11	14	3	12	E	106632.82	72.9	3.40	106633.5	0.28	0.13
14	4	11	14	3	12	A	106668.16	72.9	3.50	106668.4	0.28	0.13
19	5	14	18	6	13	E	106797.54	130.5	1.20	106797.4	0.03	0.02
19	5	14	18	6	13	A	106804.12	130.4	1.08	106804.5	0.04	0.02
9	2	8	8	2	7	E	107537.19	28.8	22.8	107537.5	1.65	1.69
9	2	8	8	2	7	A	107543.71	28.8	22.6	107544.4 <sup>(2)</sup>	2.78	1.72
23	6	17	23	5	18	A	107590.46	189.1	7.74	<sup>(2)</sup>	...	0.06
23	6	17	23	5	18	E	107604.40	189.0	7.90	107604.5 <sup>(4)</sup>	0.63	0.06
15	5	10	15	4	11	E	108046.09	87.9	4.10	108046.4	0.28	0.13
15	5	10	15	4	11	A	108050.98	87.9	4.14	108051.5	0.28	0.13
22	4	18	22	4	19	E	108539.53	165.3	2.30	108540.5	0.06	0.03
22	4	18	22	4	19	A	108616.56	165.3	2.34	108617.4	0.08	0.03
14	3	12	14	2	13	E	108834.94	67.8	2.60	108835.4	0.24	0.11

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE HCOOCH<sub>3</sub> PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
14	3	12	14	2	13	A	108883.59	67.8	2.67	108884.4	0.15	0.12
10	1	9	9	2	8	E	109292.08	34.0	2.10	109292.5	0.27	0.16
21	5	17	20	6	14	A	109359.18	154.1	1.07	109360.4	0.06	0.01
10	0	10	9	1	9	E	110224.48	30.2	3.80	110225.5	0.38	0.31
10	0	10	9	1	9	A	110226.85	30.2	3.85	110227.4	0.51	0.30
9	8	1	8	8	0	E	110447.03	69.0	5.10	110447.5	0.44	0.22
9	8	1	8	8	0	A	110455.39	69.1	5.02	110455.5	0.70	0.42
9	8	2	8	8	1	A	110455.39	69.1	5.02	<sup>(3)</sup>	...	...
9	8	2	8	8	1	E	110457.97	69.0	5.10	110458.4	0.44	0.23
9	7	2	8	7	1	E	110525.60	59.1	9.60	110526.4	0.76	0.47
9	7	3	8	7	2	A	110535.20	59.1	9.45	110535.5	1.39	1.21
9	7	2	8	7	1	A	110535.20	59.1	9.45	<sup>(3)</sup>	...	...
9	7	3	8	7	2	E	110535.95	59.1	9.60	<sup>(3)</sup>	...	...
7	2	6	6	1	5	E	110550.22	19.0	1.40	110550.4	0.18	0.13
7	2	6	6	1	5	A	110560.06	19.0	1.40	110560.4	0.23	0.13
9	6	3	8	6	2	E	110652.68	50.4	13.4	110653.5	0.76	0.80
9	6	4	8	6	3	E	110662.26	50.4	13.4	110663.4	2.15	2.47
9	6	4	8	6	3	A	110663.27	50.5	13.3	<sup>(3)</sup>	...	...
9	6	3	8	6	2	A	110663.47	50.5	13.3	<sup>(3)</sup>	...	...
14	3	12	14	1	13	A	110705.65	67.8	1.19	<sup>(14)</sup>	...	0.05
10	1	10	9	1	9	E	110788.59	30.2	26.3	110789.5	1.90	2.11
10	1	10	9	1	9	A	110790.53	30.3	26.1	<sup>(3)</sup>	...	2.11
9	5	4	8	5	3	E	110873.83	43.2	16.7	110874.4	1.27	1.06
9	3	7	8	3	6	E	110879.69	32.5	21.4	110880.5	2.53	2.44
9	5	5	8	5	4	A	110880.46	43.2	16.5	<sup>(3)</sup>	...	...
9	5	5	8	5	4	E	110882.27	43.2	16.7	110882.5	1.52	1.17
9	3	7	8	3	6	A	110887.10	32.6	21.2	110887.5	1.77	1.63
9	5	4	8	5	3	A	110890.27	43.2	16.5	110890.5	1.27	1.08
9	4	6	8	4	4	E	110918.77	37.3	1.00	110919.4	0.13	0.07
15	4	12	15	3	13	E	110924.27	81.9	3.60	110924.4	0.27	0.13
15	4	12	15	3	13	A	110962.20	81.8	3.68	110962.4	0.28	0.13
10	0	10	9	0	9	E	111169.83	30.2	26.3	111170.4	2.15	2.21
10	0	10	9	0	9	A	111171.63	30.2	26.2	111172.4	1.90	2.21
9	4	6	8	4	5	A	111195.98	37.2	19.2	111196.4	1.77	1.32
9	4	6	8	4	5	E	111223.40	37.3	18.3	111223.4	1.27	1.27
13	1	12	13	1	13	E	111323.00	54.7	0.80	111323.4	0.13	0.04
13	1	12	13	1	13	A	111383.47	54.6	0.77	111383.4	0.10	0.04
9	4	5	8	4	4	E	111408.32	37.3	18.3	111408.5	1.27	1.24
13	1	12	13	0	13	E	111432.03	54.7	1.40	111432.4	0.18	0.07
9	4	5	8	4	4	A	111453.31	37.2	19.2	111453.5	1.90	1.31
13	1	12	13	0	13	A	111492.37	54.6	1.38	111492.4	0.09	0.07
9	1	8	8	1	7	E	111674.07	28.2	23.4	111674.4	1.90	1.88
9	1	8	8	1	7	A	111682.20	28.1	23.2	111682.5	2.03	1.88
9	4	5	8	4	5	E	111712.95	37.3	1.00	111713.5	0.11	0.07
28	6	22	28	5	23	E	111718.21	269.8	10.3	111718.4	0.11	0.07
10	1	10	9	0	9	E	111733.94	30.2	3.80	111734.5	0.44	0.42
10	1	10	9	0	9	A	111735.31	30.3	3.86	<sup>(3)</sup>	...	...
28	6	22	28	5	23	A	111749.91	269.8	9.85	111750.4 <sup>(4)</sup>	0.22	0.03

Continúa en la siguiente página.

TABLA 9.1: LÍNEAS DE  $\text{HCOOCH}_3$  PRESENTES EN 3 MM

$J'$	$K'_a$	$K'_c$	$J''$	$K''_a$	$K''_c$	Estado	Frecuencia en reposo (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ obs. (K)	$T_{MB}$ modelo (K)
25	5	20	25	4	21	E	112256.68	214.4	8.10	112257.4 <sup>(4)</sup>	0.32	0.05
25	5	20	25	4	21	A	112310.82	214.4	7.87	112311.4 <sup>(4)</sup>	0.19	0.05
14	5	9	14	4	10	E	112672.87	78.9	3.60	112673.5	0.32	0.14
14	5	9	14	4	10	A	112676.88	78.9	3.69	112677.4	0.33	0.14
26	5	21	26	5	22	E	112771.99	230.6	2.70	112772.5 <sup>(4)</sup>	0.14	0.01
14	3	11	13	4	10	E	112851.97	70.1	1.10	112852.4	0.09	0.05
26	5	21	26	5	22	A	112856.61	230.6	2.81	112857.4 <sup>(4)</sup>	0.12	0.01
14	3	11	13	4	10	A	112869.86	70.0	1.09	112870.4	0.12	0.05
22	6	16	22	5	17	A	113299.58	175.0	7.00	113300.4	0.16	0.07
22	6	16	22	5	17	E	113313.67	174.9	7.10	113314.4	0.19	0.07
22	6	16	21	7	15	E	113427.48	174.9	1.40	113428.4 <sup>(4)</sup>	0.10	0.01
22	6	16	21	7	15	A	113431.18	175.0	1.22	113431.4 <sup>(4)</sup>	0.15	0.01
9	3	6	8	3	5	E	113743.01	32.8	21.5	113743.4	1.14	1.65
9	3	6	8	3	5	A	113756.62	32.9	21.3	113757.5	0.81	1.65
27	8	19	26	9	18	A	113844.83	267.2	1.44	113844.4	0.06	...
13	2	12	13	1	13	E	114207.84	54.8	1.40	114208.4	0.18	0.08
13	2	12	13	1	13	A	114265.78	54.8	1.37	114266.4	0.17	0.08
30	6	24	30	6	25	E	114354.60	306.6	3.10	114354.4	0.08	...
13	2	12	13	0	13	A	114374.67	54.8	0.76	114375.4	0.14	0.04
30	6	24	30	6	25	A	114445.48	306.6	3.30	114446.5	0.07	...
23	6	18	22	7	15	A	114888.11	188.3	1.25	114888.4	0.10	0.01
5	2	3	4	1	4	E	115219.71	11.7	0.50	115220.5	0.11	0.06
5	2	3	4	1	4	A	115247.20	11.6	0.51	<sup>(15)</sup>	...	...

**Nota.-** Líneas de emisión de  $\text{HCOOCH}_3$  presentes en la ventana de 3 mm del barrido espectral de Orión KL con el telescopio de IRAM de 30 m. Las columnas 1-6 indican los números cuánticos de la transición de la línea, Col 7. el subestado de la molécula, Col. 8 la frecuencia en reposo de la transición, Col. 9 la energía del nivel superior, Col. 10 la fuerza de línea, Col. 11 frecuencias observadas asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR de  $7.5 \text{ km s}^{-1}$ , Col. 12 la intensidad de la línea en temperatura del haz principal (main beam) en el pico y Col. 13 la intensidad de la línea dada por el modelo (ver texto) en temperatura del haz principal (main beam).

(1) Solapada con HDO. (2) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . (3) Solapada con la anterior. (4) Solapada con una línea sin identificar. (5) Solapada con  $\text{SiO } v=1$ . (6) Solapada con  $\text{SiO}$ . (7) Solapada con  $^{13}\text{CH}_3\text{CN}$ . (8) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OH } \nu_t=1$ . (9) Solapada con  $\text{HC}_3\text{N}$ . (10) Solapada con  $t\text{-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . (11) Solapada con  $\text{H}_2\text{CS}$ . (12) Solapada con  $\text{SO}_2$ . (13) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OH}$ . (14) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CN } \nu_8=1$ . (15) Solapada con  $\text{CO}$ .

Este trabajo, en muchas ocasiones, sigue un proceso circular o iterativo en el sentido de que los parámetros obtenidos al estudiar una molécula pueden aplicarse y mejorar los modelos hechos previamente para otra especie o, como hemos visto en la *Parte II* de esta tesis, para la misma especie en otros rangos de frecuencia. Así, aquí presentamos el modelo de la molécula de  $\text{HCOOCH}_3$  en el estado fundamental como el resultado de la adaptación para este caso de los modelos presentados en los artículos que se muestran a continuación. Hemos considerado las mismas componentes y propiedades físicas; las densidades de columna han sido modificadas hasta obtener la máxima aproximación a las líneas observadas<sup>2</sup>. Hemos querido presentar el

<sup>2</sup>Alicia López Jiménez en su trabajo de fin de máster presentado en la UCM (Universidad Complutense de Madrid) en septiembre de 2011 adaptó estos modelos para el formiato de metilo en el estado fundamental y en el

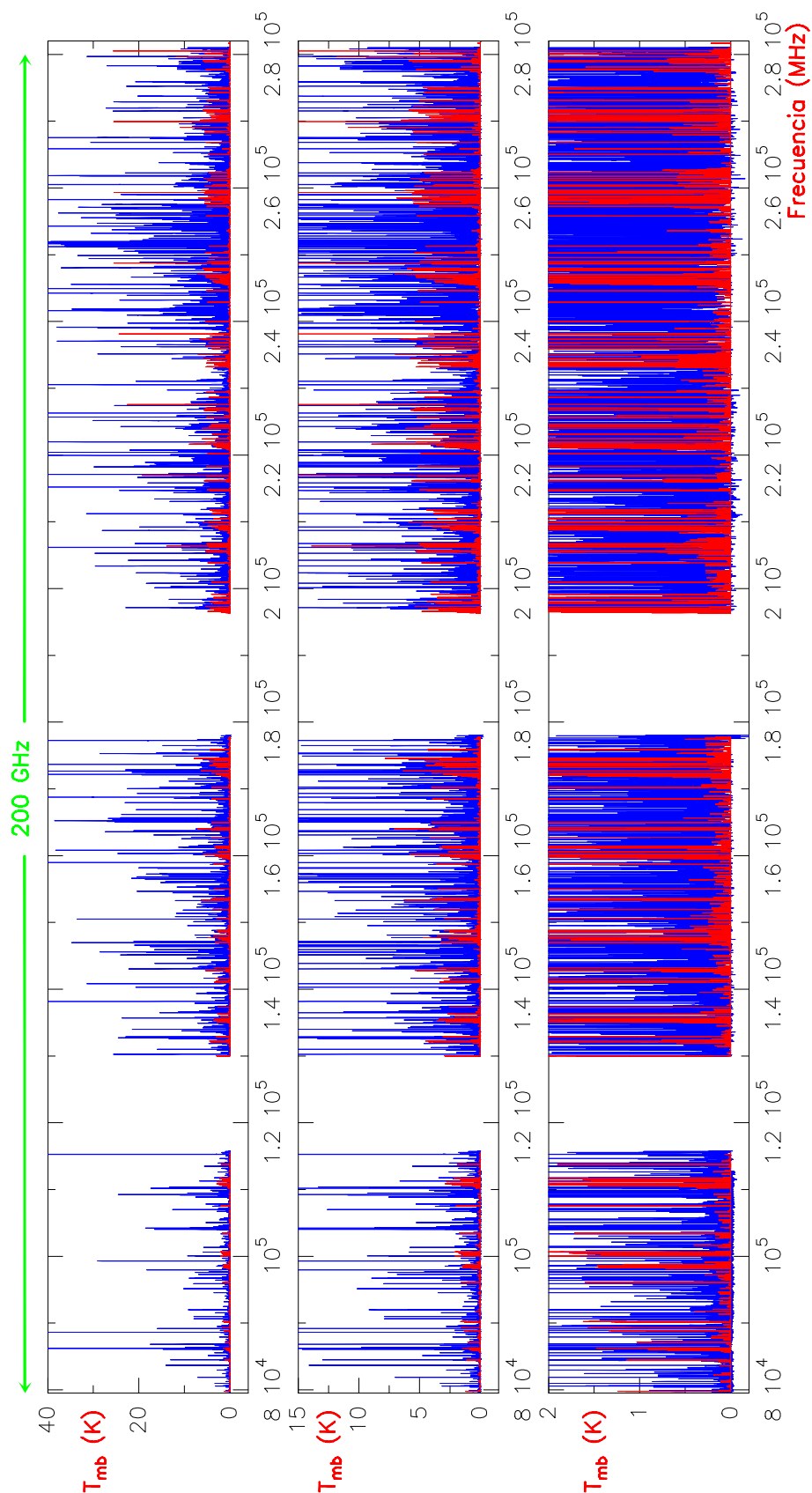


FIGURA 9.2: Espectro de la molécula de formiato de metilo en el estado fundamental (en rojo) superpuesto al espectro adquirido en el barrido espectral de Orión KL con el radiotelescopio de IRAM de 30 m (en azul). Los distintos paneles muestran distintas escalas de intensidad en temperatura del haz principal (main beam).

TABLA 9.2: PARÁMETROS FÍSICOS –  $\text{HCOOCH}_3$ 

Parámetro	<i>“Ridge” extenso</i>	<i>“Plateau”</i>	<i>“Ridge” compacto</i>	<i>“Ridge” comp. caliente</i>	<i>Núcleo caliente</i>
Diámetro de la fuente (")	120	30	15	7	10
Offset (respecto IRc2) (")	0	0	7	7	2
$n(\text{H}_2)$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$1.0 \times 10^5$	$1.0 \times 10^6$	$1.0 \times 10^6$	$5.0 \times 10^6$	$5.0 \times 10^7$
$T_k$ (K)	60	150	110	250	250
$\Delta v_{FWHM}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	4	25	4	4	10
$v_{LSR}$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	8	9	7.5	7.5	5.5
$N$ ( $\text{cm}^{-2}$ )	$2.0 \times 10^{15}$	$8.0 \times 10^{14}$	$2.0 \times 10^{15}$	$3.0 \times 10^{15}$	$2.5 \times 10^{15}$

**Nota.-** Parámetros físicos y densidades de columna considerados para cada componente en el modelo de la emisión de formiato de metilo.

modelo de esta forma para demostrar que el estudio realizado en los artículos de la emisión de los isotopólogos de  $\text{HCOOCH}_3$  es una buena primera aproximación para la realización del trabajo global de esta familia de especies. Lo presentamos como introducción a los mismos para que el lector entienda la importancia de esta molécula en nuestro barrido espectral y aborde la lectura de éstos con una idea de cómo se presentan las líneas de emisión del isotópologo principal. Tras estas consideraciones, ya podemos mostrar la Fig. 9.3<sup>3</sup> donde hemos seleccionado líneas de emisión de formiato de metilo en el estado fundamental presentes en el rango de frecuencias de 3 mm (en negro) y se ha superpuesto el espectro sintético obtenido con nuestro modelo (en rojo). La Tabla 9.2 muestra los parámetros utilizados en nuestro modelo. Como se ha explicado en la *Parte II* de la tesis, hemos utilizado el código de transporte de radiación creado por J. Cernicharo para obtener el espectro sintético. En este caso, hemos aplicado la aproximación ETL debido a que carecemos de coeficientes de colisión para esta molécula. Sin embargo, para la mayoría de las componentes esta aproximación funciona razonablemente bien (únicamente las condiciones físicas del *“ridge” extenso* están alejadas de aquellas que permiten buenos resultados con la aproximación ETL). La densidad de columna obtenida es para cada subestado A y E. Estimamos el error en los resultados de las densidades de columna de un 30 % debido a efectos de opacidad en la emisión, calibración del espectro y a que el modelo se ha realizado tan sólo para líneas pertenecientes al rango de longitudes de onda de 3 mm.

El desconocimiento de las frecuencias de los isotopólogos de esta molécula hacía imposible un estudio completo de la emisión de formiato de metilo. Las líneas del isotópologo principal pueden presentar efectos de opacidad, por lo que tan sólo a través de sus sustituciones isotópicas podemos tener resultados fiables de la abundancia. Además, la gran cantidad de líneas encontradas de fuerte intensidad nos advierten de que muchas de las líneas sin identificar en nuestro barrido espectral serán debidas a los isotopólogos menos abundantes de  $\text{HCOOCH}_3$ . Más aún, al aparecer la emisión proveniente, principalmente, del *“ridge” compacto* el estudio profundo de esta familia de especies puede aportar importantes resultados que limiten los parámetros en los estudios químicos de las regiones calientes en regiones de formación de estrellas masivas donde las especies orgánicas saturadas oxigenadas tienen su pico de emisión.

Es interesante destacar que el cianuro de etilo y el formiato de metilo son moléculas

---

primer estado torsionalmente excitado.

<sup>3</sup>Cortesía de Alicia López Jiménez.

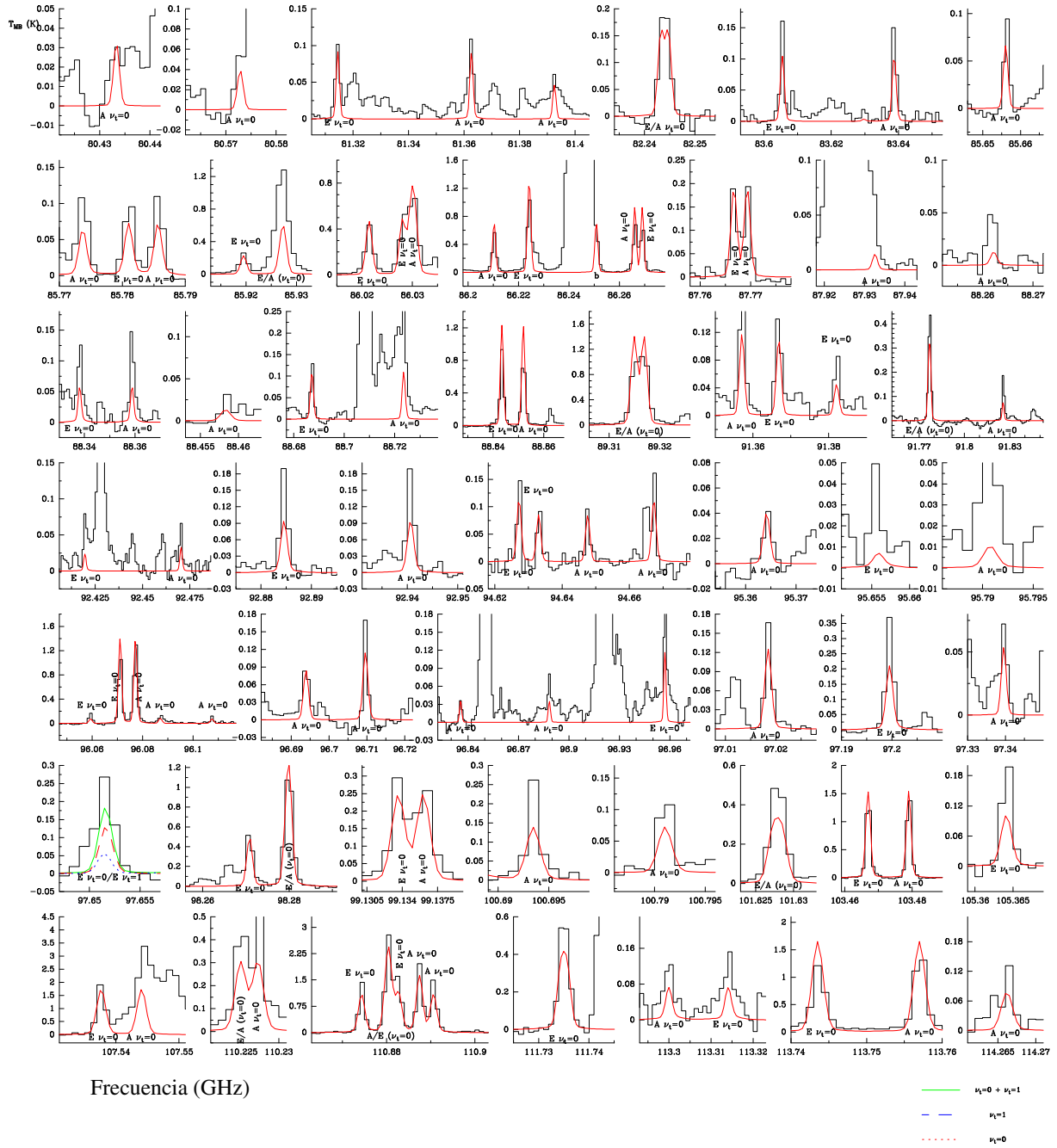


FIGURA 9.3: Selección de líneas de emisión de  $\text{HCOOCH}_3$  presentes en 3 mm (en negro) junto con el espectro sintético obtenido a través de nuestro modelo (en rojo). Cortesía de Alicia López Jiménez.

representativas del *núcleo caliente* y del *“ridge” compacto*, respectivamente, por lo que un amplio estudio de cada molécula por separado nos aporta valiosa información a la hora de diferenciar los procesos físicos y químicos que tienen lugar en cada componente.

## 9.4 Isotopólogos de $\text{HCOOCH}_3$

Tras esta primera visión de la emisión de formiato de metilo en Orión KL y de las reflexiones sobre la importancia del conocimiento de los parámetros moleculares para los isotopólogos menos abundantes de esta molécula, pasamos a mostrar los artículos donde se estudian y detectan en Orión KL los siguientes isotopólogos:  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ,  $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ ,  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$  y  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$ . Para  $\text{DCOOCH}_3$  mostramos una detección tentativa a través de unas 100 líneas.

A través de distintos tipos de espectrómetros (de transformada de Fourier, Stark y de modulación de fuente empleando osciladores de onda retardada), se miden las frecuencias de ciertas transiciones del espectro de estas especies en un determinado rango de frecuencias. A partir de estos resultados experimentales y mediante un trabajo iterativo (con predicciones iniciales pobres se detectan líneas obtenidas con los espectrómetros y esas frecuencias se incluyen en una nueva predicción cada vez más precisa y que permite identificar más líneas experimentales) es posible obtener las constantes moleculares de las distintas especies con muy buena precisión (a través del método RAM –Rho Axis Method– que tiene en cuenta la rotación interna del formiato de metilo). Además, en estos estudios se compila toda la información publicada previamente para conseguir un ajuste de las constantes moleculares con un mayor número de líneas medidas. Con el ajuste de las constantes moleculares, se predice, finalmente, el espectro de rotación de la molécula con una precisión de algunos cientos de kHz (suficiente para el estudio astronómico). Gracias a estos espectros de rotación somos capaces de identificar las líneas presentes de cada especie estudiada en nuestro barrido espectral.

Las Tablas A.2–A.5 del primer artículo publicadas de manera electrónica en el CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) son incluidas al final del mismo debido a que son fundamentales para entender la detección en nuestro barrido espectral de los isotopólogos  $^{13}\text{C}$  de formiato de metilo.

## Rotational spectrum of $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate ( $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ) and detection of the two $^{13}\text{C}$ -methyl formate in Orion<sup>★</sup>

M. Carvajal<sup>1</sup>, L. Margulès<sup>2</sup>, B. Tercero<sup>3</sup>, K. Demyk<sup>4</sup>, I. Kleiner<sup>5</sup>, J. C. Guillemin<sup>6</sup>, V. Lattanzi<sup>4</sup>, A. Walters<sup>4</sup>, J. Demaison<sup>2</sup>, G. Włodarczak<sup>2</sup>, T. R. Huet<sup>2</sup>, H. Møllendal<sup>7</sup>, V. V. Ilyushin<sup>8</sup>, and J. Cernicharo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21071 Huelva, Spain  
 e-mail: miguel.carvajal@dfa.uhu.es

<sup>2</sup> Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes, et Molécules, UMR CNRS 8523, Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

<sup>3</sup> Laboratory of Molecular Astrophysics, CAB-CSIC, INTA. Ctra. de Torrejón a Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

<sup>4</sup> Centre d'Étude Spatiale des Rayonnements, Université de Toulouse (UPS), CNRS, UMR 5187, 9 avenue du Colonel Roche, BP 44346, 31028 Toulouse, Cedex 4, France

<sup>5</sup> Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, UMR CNRS 7583, Université Paris 7 et Université Paris 12, 61 Av. Charles de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France

<sup>6</sup> Sciences Chimiques de Rennes – École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes – CNRS, 35708 Rennes Cedex 7, France

<sup>7</sup> Centre for Theoretical and Computational Chemistry (CTCC), Department of Chemistry, University of Oslo, PO Box 1033 Blindern, 0315 Oslo, Norway

<sup>8</sup> Institute of Radio Astronomy of NASU, Krasnoznamennaya 4, 61002 Kharkov, Ukraine

Received 1 December 2008 / Accepted 2 March 2009

### ABSTRACT

**Context.** Laboratory measurements and analysis of the microwave and millimeter-wave spectra of potential interstellar molecules are a prerequisite for their subsequent identification by radioastronomical techniques. The spectral analysis provides spectroscopic parameters that are used in the assignment procedure of the laboratory spectra, and that also predict the frequencies of transitions not measured in the laboratory with a high degree of precision.

**Aims.** An experimental laboratory study and its theoretical analysis is presented for  $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate ( $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ) allowing a search for this isotopologue in the Orion molecular cloud. The  $^{13}\text{C}_1$ -methyl formate ( $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ ) molecule was also searched for in this interstellar cloud, using previously published spectroscopic data.

**Methods.** The experimental spectra of  $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate were recorded in the microwave and sub-mm energy ranges (4–20 GHz, 8–80 GHz, 150–700 GHz). The spectra were analyzed using the Rho-Axis Method (RAM), which takes the  $\text{CH}_3$  internal rotation and the coupling between internal rotation and global rotation into account.

**Results.** Twenty-seven spectroscopic constants of  $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate have been obtained from a fit of 936 transitions of the ground torsional state with a standard (unitless) deviation of 1.08. A prediction of line positions and intensities is also produced. This prediction allowed us to identify 230  $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate lines in the Orion interstellar molecular cloud. We refitted all previously published ground state transitions of the  $^{13}\text{C}_1$ -methyl formate molecule in order to provide a prediction of its ground state spectrum. 234 lines of  $^{13}\text{C}_1$ -methyl formate were detected in the Orion interstellar cloud using that prediction.

**Key words.** line: identification – methods: data analysis – methods: laboratory – methods: observational – ISM: molecules – submillimeter

### 1. Introduction

Since the middle of the 20th century, many spectroscopic studies on methyl formate  $\text{HCOOCH}_3$  have been carried out because of its astrophysical importance. Methyl formate is indeed one of the most abundant organic molecules in interstellar hot cores. Its column density is about  $10^{15}$ – $10^{17}$   $\text{cm}^{-2}$  depending on the objects (e.g. Ikeda et al. 2001; Remijan et al. 2004). It has also been detected in low-mass star-forming regions (hot corinos), such as NGC1333-IRAS4B and IRAS 2A (Bottinelli et al. 2004, 2007). Its large abundance is difficult to account

for with a production mechanism based only on gas phase reactions with methanol (Horn et al. 2004) and grain chemistry should be involved in methyl formate formation. In 1959 Curl studied the chemical structure and the microwave spectrum of the parent methyl formate and 8 other isotopologues (Curl 1959). In 1975 the parent molecule was detected for the first time in the interstellar medium by Brown et al. (1975) and Churchwell et al. (1975). Since this discovery, approximately 900 lines of the ground torsional state have been detected in different interstellar molecular clouds, Sgr B2, Orion KL, and W51 e1/e2 (Lovas 2004). Recently torsionally excited lines of methyl formate have also been observed in Orion KL by Kobayashi et al. (2007) and in W51 e2 by Demyk et al. (2008). It has to be emphasized that such a large number of transitions of methyl formate could only

★ Tables A.1–A.5 are only available in electronic form at the CDS via anonymous ftp to cdsarc.u-strasbg.fr (130.79.128.5) or via <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/qcat?J/A+A/500/1109>



El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

CDS MATERIAL



Table A.2. Emission lines of A-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
7 <sub>2,6</sub> -6 <sub>2,5</sub>	82506.148	17.255	10.1665	82506.1	0.056 <sup>a</sup>	0.023
7 <sub>6,2</sub> -6 <sub>6,1</sub>	83888.503	5.006	24.934	83888.1	0.022 <sup>b</sup>	0.007
7 <sub>6,1</sub> -6 <sub>6,0</sub>	83888.508	5.006	24.934	<sup>c</sup>	—	—
7 <sub>5,3</sub> -6 <sub>5,2</sub>	83984.136	9.242	19.8818	83984.1	0.032 <sup>b</sup>	0.021
7 <sub>5,2</sub> -6 <sub>5,1</sub>	83984.795	9.242	19.8818	<sup>c</sup>	—	—
7 <sub>4,3</sub> -6 <sub>4,2</sub>	84190.083	12.705	15.7521	84190.1	0.021	0.017
7 <sub>3,5</sub> -6 <sub>3,6</sub>	84215.445	15.391	12.5427	84215.1	0.032	0.023
7 <sub>3,4</sub> -6 <sub>3,3</sub>	85034.209	15.393	12.5616	85034.0	0.018	0.023
7 <sub>1,6</sub> -6 <sub>1,5</sub>	86799.400	18.289	9.2869	86799.0	0.021	0.031
8 <sub>1,8</sub> -7 <sub>1,7</sub>	87340.338	21.106	10.7763	87340.0	0.033	0.036
8 <sub>0,8</sub> -7 <sub>0,7</sub>	88276.293	21.175	10.6906	88276.1	0.023	0.036
8 <sub>2,7</sub> -7 <sub>2,6</sub>	93875.996	20.107	12.9186	93876.0	0.062 <sup>d,e</sup>	0.038
8 <sub>7,2</sub> -7 <sub>7,1</sub>	95861.648	5.055	33.7040	95862.0	0.030 <sup>b</sup>	0.015
8 <sub>7,1</sub> -7 <sub>7,0</sub>	95861.648	5.055	33.7040	<sup>c</sup>	—	—
8 <sub>6,3</sub> -7 <sub>6,2</sub>	95944.875	9.435	27.7328	95944.5	0.048 <sup>b</sup>	0.031
8 <sub>6,2</sub> -7 <sub>6,1</sub>	95944.910	9.435	27.7328	<sup>c</sup>	—	—
8 <sub>5,3</sub> -7 <sub>5,2</sub>	96090.793	13.140	22.6832	96091.0	0.043	0.024
8 <sub>4,5</sub> -7 <sub>4,4</sub>	96324.625	16.169	18.5587	96325.0	0.029	0.029
8 <sub>3,5</sub> -7 <sub>3,4</sub>	97829.556	18.519	15.3981	97829.0	0.039	0.036
9 <sub>1,9</sub> -8 <sub>1,8</sub>	97873.556	23.811	13.6897	97873.0	0.060	0.048
8 <sub>1,7</sub> -7 <sub>1,6</sub>	98215.258	20.921	12.1822	98215.0	0.049	0.045
8 <sub>2,6</sub> -7 <sub>2,5</sub>	100941.521	20.264	13.3694	100941.0	0.030	0.044
9 <sub>2,8</sub> -8 <sub>2,7</sub>	105098.716	22.908	16.0499	105099.0	0.058	0.055
9 <sub>7,3</sub> -8 <sub>7,2</sub>	107910.535	9.585	36.9016	107910.0	0.055 <sup>b</sup>	0.034
9 <sub>7,2</sub> -8 <sub>7,1</sub>	107910.537	9.585	36.9016	<sup>c</sup>	—	—
9 <sub>6,4</sub> -8 <sub>6,3</sub>	108030.274	13.478	30.9332	108029.9	0.046 <sup>b</sup>	0.055
9 <sub>6,3</sub> -8 <sub>6,2</sub>	108030.435	13.478	30.9332	<sup>c</sup>	—	—
9 <sub>5,5</sub> -8 <sub>5,4</sub>	108233.894	16.771	25.8884	108233.9	0.046 <sup>b</sup>	0.037
9 <sub>5,4</sub> -8 <sub>5,3</sub>	108242.324	16.771	25.8885	108242.0	0.051	0.038
9 <sub>3,7</sub> -8 <sub>3,6</sub>	108267.857	21.527	18.5632	108267.9	0.070	0.053
10 <sub>1,10</sub> -9 <sub>1,9</sub>	108353.381	26.510	16.9544	108352.9	0.064 <sup>b</sup>	0.067
9 <sub>4,6</sub> -8 <sub>4,5</sub>	108534.780	19.461	21.7718	108534.9	0.048	0.046
10 <sub>0,10</sub> -9 <sub>0,9</sub>	108753.741	26.529	16.9207	108754.0	0.073 <sup>f</sup>	0.068
9 <sub>4,5</sub> -8 <sub>4,4</sub>	108763.035	19.461	21.7766	108762.9	0.052	0.045
9 <sub>3,6</sub> -8 <sub>3,5</sub>	110912.894	21.556	18.6613	110912.9	0.081	0.057
9 <sub>2,7</sub> -8 <sub>2,6</sub>	113736.228	23.102	16.7364	113736.9	0.12	0.066
11 <sub>1,11</sub> -10 <sub>1,10</sub>	130071.078	28.681	23.0969	130070.7	0.063	0.10
11 <sub>8,4</sub> -10 <sub>8,3</sub>	131942.108	13.970	51.3868	131941.9	0.21 <sup>g</sup>	0.068
11 <sub>8,3</sub> -10 <sub>8,2</sub>	131942.109	13.970	51.3868	<sup>c</sup>	—	—
11 <sub>7,5</sub> -10 <sub>7,4</sub>	132081.291	17.645	44.5034	132081.9	0.14 <sup>b</sup>	0.092
11 <sub>7,4</sub> -10 <sub>7,4</sub>	132081.329	17.645	44.5034	<sup>c</sup>	—	—
11 <sub>6,6</sub> -10 <sub>6,5</sub>	132303.059	20.829	38.5444	132303.2	0.12 <sup>b</sup>	0.67

Table A.2. Continued on next page

Table A.2. Emission lines of A- $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
11 <sub>6,5</sub> -10 <sub>6,4</sub>	132304.966	20.829	38.5444	<sup>c</sup>	—	—
11 <sub>5,7</sub> -10 <sub>5,6</sub>	132663.363	23.521	33.5156	132662.9	0.11	0.071
11 <sub>4,8</sub> -10 <sub>4,7</sub>	133019.485	25.713	29.4206	133018.8	0.10 <sup>b</sup>	0.084
11 <sub>4,7</sub> -10 <sub>4,8</sub>	133938.303	25.717	29.4491	133937.8	0.14	0.085
11 <sub>3,8</sub> -10 <sub>3,7</sub>	137702.444	27.491	26.5053	137702.9	0.13	0.10
13 <sub>1,13</sub> -12 <sub>1,12</sub>	139605.951	34.591	28.8412	139606.8	0.52 <sup>b,d</sup>	0.13
13 <sub>0,13</sub> -12 <sub>0,12</sub>	139694.921	34.593	28.8342	139694.8	0.34 <sup>b,e</sup>	0.12
12 <sub>1,11</sub> -11 <sub>1,10</sub>	140175.582	31.292	27.4356	140175.7	0.78 <sup>h</sup>	0.12
12 <sub>3,10</sub> -11 <sub>3,9</sub>	143583.473	30.194	30.5843	143583.8	0.35	0.12
12 <sub>9,4</sub> -11 <sub>9,3</sub>	143905.782	14.155	63.5895	143905.8	0.091	0.067
12 <sub>9,3</sub> -11 <sub>9,2</sub>	143905.782	14.155	63.5895	<sup>c</sup>	—	—
12 <sub>6,6</sub> -11 <sub>6,5</sub>	144503.123	24.259	42.9576	144503.2	0.16 <sup>i</sup>	0.081
12 <sub>5,7</sub> -11 <sub>5,6</sub>	145076.231	26.725	37.9439	145075.6	0.16	0.093
12 <sub>4,9</sub> -11 <sub>4,8</sub>	145249.070	28.726	33.8577	145249.4	0.13	0.11
14 <sub>1,14</sub> -13 <sub>1,13</sub>	149991.253	37.282	33.4979	149990.6	0.26 <sup>b</sup>	0.15
14 <sub>0,14</sub> -13 <sub>0,13</sub>	150043.259	37.284	33.4939	150041.8	0.27 <sup>b</sup>	0.15
13 <sub>1,12</sub> -12 <sub>1,11</sub>	150230.939	33.929	32.1114	150225.6	0.56 <sup>b,j</sup>	0.14
13 <sub>3,11</sub> -12 <sub>1,10</sub>	155058.586	32.994	35.3737	155059.3	0.14	0.14
13 <sub>10,4</sub> -12 <sub>10,3</sub>	155872.663	14.280	77.109	155872.7	0.092	0.067
13 <sub>10,3</sub> -12 <sub>10,2</sub>	155872.663	14.280	77.1090	<sup>c</sup>	—	—
13 <sub>7,7</sub> -12 <sub>7,6</sub>	156367.644	24.883	53.7194	156368.1	0.24 <sup>b</sup>	0.16
13 <sub>7,6</sub> -12 <sub>7,5</sub>	156368.064	24.883	53.7194	<sup>c</sup>	—	—
13 <sub>6,8</sub> -12 <sub>6,7</sub>	156735.880	27.576	47.7775	156735.7	0.17	0.098
13 <sub>4,10</sub> -12 <sub>4,9</sub>	157431.023	31.684	38.7027	157430.6	0.12	0.13
13 <sub>5,8</sub> -12 <sub>5,7</sub>	157538.736	29.850	42.7831	157538.7	0.13	0.12
14 <sub>2,13</sub> -13 <sub>2,12</sub>	159185.933	36.534	37.2269	159185.6	0.10	0.16
13 <sub>4,9</sub> -12 <sub>4,8</sub>	160088.238	31.713	38.8159	160088.1	0.11	0.13
14 <sub>1,13</sub> -13 <sub>1,12</sub>	160314.178	36.585	37.1226	160314.3	0.32	0.15
15 <sub>1,15</sub> -14 <sub>1,14</sub>	160369.191	39.973	38.5011	160368.1	0.62 <sup>b</sup>	0.17
15 <sub>0,15</sub> -14 <sub>0,14</sub>	160399.222	39.974	38.4988	160398.1	0.34 <sup>b</sup>	0.16
13 <sub>3,10</sub> -12 <sub>3,9</sub>	164354.442	33.291	36.1396	164354.3	0.39 <sup>i</sup>	0.15
14 <sub>12,3</sub> -13 <sub>12,2</sub>	167773.807	10.018	102.4996	167773.7	0.087	0.038
14 <sub>12,2</sub> -13 <sub>12,1</sub>	167773.807	10.018	102.4996	<sup>c</sup>	—	—
14 <sub>8,7</sub> -13 <sub>8,6</sub>	168267.213	25.419	65.8001	168268.0	0.17	0.081
14 <sub>8,6</sub> -13 <sub>8,5</sub>	168267.242	25.419	65.8001	<sup>c</sup>	—	—
14 <sub>7,8</sub> -13 <sub>7,7</sub>	168561.283	28.304	58.9353	168561.8	0.27 <sup>b</sup>	0.17
14 <sub>7,7</sub> -13 <sub>7,6</sub>	168562.469	28.304	58.9353	<sup>c</sup>	—	—
14 <sub>4,11</sub> -13 <sub>4,10</sub>	169532.823	34.596	43.9540	169533.0	0.13	0.15
14 <sub>5,10</sub> -13 <sub>5,9</sub>	169632.528	32.912	48.0218	169632.6	0.23 <sup>i</sup>	0.14
15 <sub>2,14</sub> -14 <sub>2,13</sub>	169707.545	39.225	42.5368	169707.7	0.23	0.17
14 <sub>4,10</sub> -13 <sub>4,9</sub>	173581.023	34.662	44.1559	173581.2	0.27	0.15
17 <sub>3,15</sub> -16 <sub>3,14</sub>	199325.464	43.934	58.3036	199325.1	0.22	0.20

Table A.2. Continued on next page

Table A.2. Emission lines of A-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
18 <sub>2,17</sub> -17 <sub>2,16</sub>	201005.518	47.286	60.5655	201005.1	0.39 <sup>i</sup>	0.21
18 <sub>1,17</sub> -17 <sub>1,16</sub>	201193.005	47.291	60.5499	201192.6	0.28	0.21
19 <sub>1,18</sub> -18 <sub>1,17</sub>	211503.825	49.974	67.2610	211503.8	0.30	0.23
20 <sub>1,20</sub> -19 <sub>1,19</sub>	212211.394	53.427	68.7070	212212.5	0.48 <sup>b</sup>	0.39
20 <sub>0,20</sub> -19 <sub>0,19</sub>	212213.096	53.427	68.7069	<sup>c</sup>	—	—
18 <sub>11,8</sub> -17 <sub>11,7</sub>	216161.651	30.411	116.7542	216161.3	0.16	0.15
18 <sub>11,7</sub> -17 <sub>11,8</sub>	216161.651	30.411	116.7542	<sup>c</sup>	—	—
18 <sub>9,10</sub> -17 <sub>9,9</sub>	216671.499	36.396	98.4453	216671.5	0.43 <sup>k</sup>	0.23
18 <sub>9,9</sub> -17 <sub>9,8</sub>	216671.554	36.396	98.4453	<sup>c</sup>	—	—
18 <sub>7,12</sub> -17 <sub>7,11</sub>	217738.480	41.179	83.8791	217738.8	0.38 <sup>b,e</sup>	0.15
18 <sub>6,13</sub> -17 <sub>6,12</sub>	218602.652	43.117	78.0312	218601.3	0.28 <sup>b,l</sup>	0.18
20 <sub>2,19</sub> -19 <sub>2,18</sub>	221762.287	52.657	74.3215	221762.5	0.76 <sup>m</sup>	0.23
20 <sub>1,19</sub> -19 <sub>1,18</sub>	221830.884	52.659	74.3160	221831.2	0.21	0.23
19 <sub>2,17</sub> -18 <sub>2,16</sub>	222184.087	49.376	71.8106	222183.8	0.28	0.23
21 <sub>1,21</sub> -20 <sub>1,20</sub>	222574.971	56.118	75.7856	222575.1	0.78 <sup>b</sup>	0.50
21 <sub>0,21</sub> -20 <sub>0,20</sub>	222575.912	56.118	75.7856	<sup>c</sup>	—	—
18 <sub>5,13</sub> -17 <sub>5,12</sub>	222801.910	44.775	73.3297	222802.5	0.24	0.20
18 <sub>4,14</sub> -17 <sub>4,13</sub>	227994.322	46.312	70.0581	227993.8	0.33 <sup>m</sup>	0.23
19 <sub>10,10</sub> -18 <sub>10,9</sub>	228534.501	37.038	114.3533	228535.0	0.16	0.20
19 <sub>10,9</sub> -18 <sub>10,8</sub>	228534.505	37.038	114.3533	<sup>c</sup>	—	—
19 <sub>9,11</sub> -18 <sub>9,10</sub>	228886.913	39.730	105.6727	228886.2	0.41 <sup>i</sup>	0.24
19 <sub>9,10</sub> -18 <sub>9,9</sub>	228887.059	39.730	105.6727	<sup>c</sup>	—	—
19 <sub>5,15</sub> -18 <sub>5,14</sub>	231134.449	47.586	80.4336	231134.9	0.45	0.20
22 <sub>1,22</sub> -21 <sub>1,21</sub>	232937.334	58.808	83.2099	232937.4	0.81 <sup>b</sup>	0.056
22 <sub>0,22</sub> -21 <sub>0,21</sub>	232937.853	58.808	83.2099	<sup>c</sup>	—	—
19 <sub>5,14</sub> -18 <sub>5,13</sub>	236634.461	47.699	80.7616	236633.9	0.44	0.21
20 <sub>9,12</sub> -19 <sub>9,11</sub>	241132.234	43.000	113.3075	241132.4	0.36	0.25
20 <sub>9,11</sub> -19 <sub>9,10</sub>	241132.600	43.000	113.3076	<sup>c</sup>	—	—
20 <sub>8,13</sub> -19 <sub>8,12</sub>	241730.372	45.286	105.5828	241730.2	0.45	0.15
20 <sub>7,14</sub> -19 <sub>7,13</sub>	242596.371	47.301	98.8188	242596.2	0.81 <sup>i</sup>	0.15
23 <sub>1,23</sub> -22 <sub>1,22</sub>	243298.480	61.498	90.9799	243297.6	0.79 <sup>b</sup>	0.57
23 <sub>0,23</sub> -22 <sub>0,22</sub>	243298.765	61.498	90.9799	<sup>c</sup>	—	—
20 <sub>6,15</sub> -18 <sub>6,14</sub>	243553.635	49.035	93.0309	243554.0	0.51 <sup>e</sup>	0.19
20 <sub>6,14</sub> -18 <sub>6,13</sub>	244996.925	49.044	93.0939	244996.4	0.41	0.20
20 <sub>5,15</sub> -18 <sub>5,14</sub>	250615.227	50.628	88.6549	250615.3	0.26	0.22
21 <sub>12,10</sub> -20 <sub>12,9</sub>	252323.594	38.141	150.1221	252323.9	0.17	0.15
21 <sub>12,9</sub> -20 <sub>12,8</sub>	252323.594	38.141	150.1221	<sup>c</sup>	—	—
23 <sub>2,22</sub> -22 <sub>2,21</sub>	252844.966	60.715	97.5502	252844.3	1.18 <sup>b,i</sup>	0.24
23 <sub>1,22</sub> -22 <sub>1,21</sub>	252859.000	60.716	97.5491	252859.2	0.36	0.24
21 <sub>10,12</sub> -20 <sub>10,11</sub>	252925.364	43.781	130.0059	252925.2	0.60 <sup>i</sup>	0.22
21 <sub>10,11</sub> -20 <sub>10,10</sub>	252925.365	43.781	130.0059	<sup>c</sup>	—	—
24 <sub>1,24</sub> -23 <sub>1,23</sub>	253658.378	64.188	99.0954	253658.2	1.44 <sup>b,m</sup>	0.58

Table A.2. Continued on next page

Table A.2. Emission lines of A- $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
24 <sub>0,24</sub> -23 <sub>0,23</sub>	253658.534	64.188	99.0954	<sup>c</sup>	—	—
21 <sub>8,13</sub> -20 <sub>8,12</sub>	254125.028	48.391	113.6465	254125.1	0.48 <sup>i</sup>	0.15
21 <sub>7,15</sub> -20 <sub>7,14</sub>	255090.898	50.309	106.9110	255091.3	0.61 <sup>i</sup>	0.18
21 <sub>6,16</sub> -20 <sub>6,15</sub>	256006.931	51.951	101.1550	256007.3	0.33	0.20
23 <sub>3,21</sub> -22 <sub>3,20</sub>	262456.277	60.038	103.4980	262456.3	0.33	0.23
24 <sub>2,23</sub> -23 <sub>2,22</sub>	263199.927	63.402	105.9842	263200.1	0.20	0.24
24 <sub>1,23</sub> -23 <sub>1,22</sub>	263208.066	63.402	105.9835	263206.3	0.54 <sup>b,i</sup>	0.24
25 <sub>1,25</sub> -24 <sub>1,24</sub>	264016.983	66.877	107.5566	264017.1	1.10 <sup>b,n</sup>	0.57
25 <sub>0,25</sub> -24 <sub>0,24</sub>	264017.068	66.877	107.5566	<sup>c</sup>	—	—
21 <sub>5,16</sub> -20 <sub>5,15</sub>	264577.613	53.556	97.0145	264577.2	0.17	0.23
21 <sub>4,17</sub> -20 <sub>4,16</sub>	265301.352	54.527	94.1521	265301.3	0.37	0.24
22 <sub>9,14</sub> -21 <sub>9,13</sub>	265720.732	49.382	129.8037	265722.2	0.34	0.22
22 <sub>9,13</sub> -21 <sub>9,12</sub>	265722.701	49.382	129.8037	<sup>c</sup>	—	—
22 <sub>8,15</sub> -21 <sub>8,14</sub>	266527.788	51.459	122.1221	266527.6	0.35 <sup>b,o</sup>	0.16
22 <sub>5,18</sub> -21 <sub>5,17</sub>	266762.755	56.015	104.7625	266762.1	0.19	0.21
22 <sub>7,16</sub> -21 <sub>7,15</sub>	267621.658	53.288	115.4199	267621.2	0.33	0.18
23 <sub>4,20</sub> -22 <sub>4,19</sub>	271604.916	59.450	108.7994	271605.1	0.46 <sup>k</sup>	0.22
24 <sub>3,22</sub> -23 <sub>3,21</sub>	272826.677	62.716	112.2526	272826.6	0.68	0.22
24 <sub>2,22</sub> -23 <sub>2,21</sub>	273002.244	62.720	112.2376	273002.5	0.36	0.22
23 <sub>3,20</sub> -22 <sub>3,19</sub>	274254.541	59.559	108.5255	274255.0	0.22	0.22
26 <sub>1,26</sub> -25 <sub>1,25</sub>	274374.241	69.567	116.3632	274373.8	1.09 <sup>b</sup>	0.55
26 <sub>0,26</sub> -25 <sub>0,25</sub>	274374.288	69.567	116.3632	<sup>c</sup>	—	—
22 <sub>4,18</sub> -21 <sub>4,17</sub>	276635.526	57.121	103.0016	276635.1	0.66	0.23
23 <sub>10,14</sub> -22 <sub>10,13</sub>	277420.202	50.287	147.2873	277420.0	0.49 <sup>p</sup>	0.23
23 <sub>10,13</sub> -22 <sub>10,12</sub>	277420.393	50.287	147.2873	<sup>c</sup>	—	—
23 <sub>8,16</sub> -22 <sub>8,15</sub>	278993.464	54.494	131.0125	278993.1	0.43	0.16
23 <sub>6,18</sub> -22 <sub>6,17</sub>	280725.828	57.707	118.6476	280726.1	0.26	0.20
23 <sub>7,16</sub> -22 <sub>7,15</sub>	280959.066	56.243	124.3797	280959.1	0.50	0.18

**Note.**-Emission lines of A- $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$  (without high blend) present in the frequency range of the Orion KL survey. Column 1 indicates the transition, Col. 2 gives the calculated frequencies, Col. 3 gives the line strength, Col. 4 the energy of the upper level, Col. 5 the observed (centroid) rest frequencies assuming that the radial velocities relative to LSR are  $7.5 \text{ km s}^{-1}$ , Col. 6 the observed temperature of main beam (at the peak of the line), and Col. 7 gives the main beam temperature obtained with the model.

(a) Blended with  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  out of plane torsion. (b) Blended with E- $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ . (c) Blended with the last one. (d) Blended with  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . (e) Blended with  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ . (f) Blended with g- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . (g) Blended with  $\text{CH}_2\text{CH}^{13}\text{CN}$ . (h) Blended with  $\text{CH}_3\text{OD}$ . (i) Blended with unidentified line. (j) Blended with  $\text{NO}$ . (k) Blended with  $\text{SO}^{17}\text{O}$ . (l) Blended with E- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ . (m) Blended with  $\text{HCOOCH}_3$ . (n) Blended with  $\text{H}_2^{13}\text{CS}$ . (o) Blended with  $\text{CH}_3\text{OH}$ . (p) Blended with  $^{13}\text{CH}_2\text{CHCN}$ .

Table A.3. Emission lines of E-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
7 <sub>2,6</sub> -6 <sub>2,5</sub>	82501.000	17.252	10.1787	82501.1	0.025	0.023
7 <sub>6,2</sub> -6 <sub>6,1</sub>	83887.944	5.006	24.9357	83888.0	0.022 <sup>a</sup>	—
7 <sub>5,3</sub> -6 <sub>5,2</sub>	83982.600	9.241	19.8854	83984.0	0.032	—
7 <sub>4,3</sub> -6 <sub>4,2</sub>	84165.678	12.647	15.7667	84167.0	0.019	0.017
7 <sub>3,5</sub> -6 <sub>3,6</sub>	84219.973	15.227	12.5535	84220.1	0.048	0.023
7 <sub>3,4</sub> -6 <sub>3,3</sub>	85015.927	15.230	12.5736	85016.1	0.026	0.023
7 <sub>1,6</sub> -6 <sub>1,5</sub>	86791.490	18.287	9.2993	86791.9	0.017	0.031
8 <sub>1,8</sub> -7 <sub>1,7</sub>	87338.490	21.103	10.7893	87337.9	0.032	0.036
7 <sub>2,5</sub> -6 <sub>2,4</sub>	87916.522	17.357	10.4485	87916.1	0.026	0.023
8 <sub>0,8</sub> -7 <sub>0,7</sub>	88274.402	21.173	10.7036	88274.1	0.029	0.036
8 <sub>2,7</sub> -7 <sub>2,6</sub>	93870.313	20.104	12.9306	93870.0	0.054 <sup>b</sup>	0.038
8 <sub>7,2</sub> -7 <sub>7,1</sub>	95862.461	5.054	33.7027	95862.0	0.030 <sup>a</sup>	—
8 <sub>6,2</sub> -7 <sub>6,1</sub>	95936.404	9.434	27.7463	95936.0	0.010	—
8 <sub>6,3</sub> -7 <sub>6,2</sub>	95944.191	9.434	27.7339	95944.5	0.048 <sup>a</sup>	—
8 <sub>3,6</sub> -7 <sub>3,5</sub>	96269.553	18.479	15.3628	96269.0	0.030	0.036
8 <sub>3,5</sub> -7 <sub>3,4</sub>	97816.496	18.489	15.4094	97816.0	0.039	0.036
9 <sub>1,9</sub> -8 <sub>1,8</sub>	97871.750	23.808	13.7026	97871.0	0.055 <sup>c</sup>	0.048
8 <sub>1,7</sub> -7 <sub>1,6</sub>	98207.254	20.918	12.1943	98207.0	0.11 <sup>d</sup>	0.045
8 <sub>2,6</sub> -7 <sub>2,5</sub>	100930.353	20.261	13.3811	100930.0	0.044	0.044
9 <sub>2,8</sub> -8 <sub>2,7</sub>	105092.691	22.906	16.0618	105092.0	0.028	0.055
9 <sub>7,2</sub> -8 <sub>7,1</sub>	107901.892	9.584	36.9139	107902.0	0.025	—
9 <sub>7,3</sub> -8 <sub>7,2</sub>	107911.378	9.585	36.9004	107910.0	0.055 <sup>a</sup>	—
9 <sub>6,4</sub> -8 <sub>6,3</sub>	108029.488	13.477	30.9343	108029.9	0.044 <sup>a</sup>	—
9 <sub>5,5</sub> -8 <sub>5,4</sub>	108235.446	16.766	25.8918	108233.9	0.046 <sup>a</sup>	0.037
9 <sub>3,7</sub> -8 <sub>3,6</sub>	108261.381	21.519	18.5740	108260.9	0.012	0.053
10 <sub>1,10</sub> -9 <sub>1,9</sub>	108351.641	26.507	16.9673	108352.9	0.064 <sup>a</sup>	0.067
9 <sub>4,6</sub> -8 <sub>4,5</sub>	108564.189	18.425	21.7792	108564.0	0.017	0.046
10 <sub>0,10</sub> -9 <sub>0,9</sub>	108752.097	26.526	16.9336	108752.0	0.058	0.068
9 <sub>1,8</sub> -8 <sub>1,7</sub>	109198.636	23.513	15.4702	109198.9	0.043	0.059
9 <sub>3,6</sub> -8 <sub>3,5</sub>	110900.338	21.548	18.6723	110899.9	0.067	0.057
9 <sub>2,7</sub> -8 <sub>2,6</sub>	113724.021	23.099	16.7478	113722.9	0.12 <sup>c</sup>	0.066
11 <sub>1,10</sub> -10 <sub>1,9</sub>	130064.449	28.678	23.1083	130064.5	0.056	0.082
11 <sub>3,9</sub> -10 <sub>3,8</sub>	131939.423	27.351	26.1933	131938.8	0.12	0.10
11 <sub>7,4</sub> -10 <sub>7,4</sub>	132070.520	17.643	44.5149	132069.4	0.070	—
11 <sub>7,5</sub> -10 <sub>7,4</sub>	132082.123	17.644	44.5021	132081.9	0.14 <sup>a</sup>	—
11 <sub>6,6</sub> -10 <sub>6,5</sub>	132302.713	20.827	38.5454	132303.2	0.12 <sup>a</sup>	—
11 <sub>5,7</sub> -10 <sub>5,6</sub>	132682.420	23.299	33.5194	132681.8	0.14	0.071
11 <sub>5,6</sub> -10 <sub>5,5</sub>	132684.734	23.300	33.5294	132684.8	0.14	0.071
11 <sub>4,8</sub> -10 <sub>4,7</sub>	133019.016	25.573	29.4294	133018.8	0.10 <sup>a,e</sup>	0.084
11 <sub>4,7</sub> -10 <sub>4,8</sub>	133918.079	25.577	29.4590	133917.8	0.095	0.085
13 <sub>1,13</sub> -12 <sub>1,12</sub>	139604.446	34.586	28.8539	139606.8	0.52 <sup>a,f</sup>	0.13
13 <sub>0,13</sub> -12 <sub>0,12</sub>	139693.479	34.589	28.8469	139694.8	0.34 <sup>a,g</sup>	0.12

Table A.3. Continued on next page



Table A.3. Emission lines of E- $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ .

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
12 <sub>9,3</sub> -11 <sub>9,2</sub>	143897.324	14.154	63.5980	143896.8	0.15 <sup>c</sup>	–
12 <sub>8,4</sub> -11 <sub>8,3</sub>	144016.027	17.972	55.7979	144015.8	0.080	–
12 <sub>5,8</sub> -11 <sub>5,7</sub>	144977.101	25.857	37.9452	144976.7	0.12	0.098
12 <sub>5,7</sub> -11 <sub>5,6</sub>	145028.445	25.858	37.9553	145028.7	0.14	0.093
12 <sub>4,9</sub> -11 <sub>4,8</sub>	145242.388	28.693	33.8665	145243.2	0.18	0.11
12 <sub>4,8</sub> -11 <sub>4,7</sub>	146854.851	28.704	33.9261	146854.8	0.072	0.10
14 <sub>1,14</sub> -13 <sub>1,13</sub>	149989.826	37.278	33.5106	149990.6	0.26 <sup>a</sup>	0.15
12 <sub>2,10</sub> -11 <sub>2,9</sub>	150039.852	31.234	29.3659	150041.8	0.27 <sup>a</sup>	0.12
12 <sub>3,9</sub> -11 <sub>3,8</sub>	151109.595	30.408	31.1081	151109.4	0.18	0.10
13 <sub>11,2</sub> -12 <sub>11,1</sub>	155792.991	9.957	86.7523	155792.7	0.045	–
13 <sub>11,3</sub> -12 <sub>11,2</sub>	155807.425	9.958	86.7382	155806.7	0.062	–
13 <sub>10,3</sub> -12 <sub>10,2</sub>	155865.537	14.311	77.1154	155864.7	0.095	–
13 <sub>9,4</sub> -12 <sub>9,3</sub>	155969.843	18.250	68.3979	155969.7	0.12	–
13 <sub>7,7</sub> -12 <sub>7,6</sub>	156368.494	24.882	53.7182	156368.1	0.24 <sup>a</sup>	–
13 <sub>5,9</sub> -12 <sub>5,8</sub>	157297.215	28.677	42.7811	157296.9	0.10	0.14
14 <sub>2,13</sub> -13 <sub>2,12</sub>	159179.808	36.530	37.2378	159179.3	0.14	0.16
14 <sub>1,13</sub> -13 <sub>1,12</sub>	160308.525	36.581	37.1333	160308.1	0.23	0.15
15 <sub>1,15</sub> -14 <sub>1,14</sub>	160367.838	39.969	38.5137	160368.1	0.62 <sup>a</sup>	0.17
15 <sub>0,15</sub> -14 <sub>0,14</sub>	160397.901	39.969	38.5114	160398.1	0.34 <sup>a</sup>	0.16
13 <sub>3,10</sub> -12 <sub>3,9</sub>	164337.058	33.287	36.1486	164338.0	0.12	0.15
13 <sub>3,12</sub> -12 <sub>3,11</sub>	166355.930	35.758	40.5553	166355.6	0.18	0.17
14 <sub>12,2</sub> -13 <sub>12,1</sub>	167771.061	10.017	102.5018	167770.6	0.021	–
14 <sub>7,8</sub> -13 <sub>7,7</sub>	168562.361	28.302	58.9341	168561.8	0.27 <sup>a</sup>	–
14 <sub>5,10</sub> -13 <sub>5,9</sub>	169639.301	32.389	48.0280	169638.6	0.23	0.14
14 <sub>5,9</sub> -13 <sub>5,8</sub>	170110.571	32.390	48.0464	170110.5	0.18	0.12
18 <sub>1,17</sub> -17 <sub>1,16</sub>	201187.575	47.286	60.5599	201187.6	0.20	0.21
16 <sub>3,13</sub> -15 <sub>3,12</sub>	201805.493	41.556	53.8723	201804.6	0.083	0.16
17 <sub>11,7</sub> -16 <sub>11,6</sub>	204070.022	26.650	109.9394	204069.6	0.11	–
18 <sub>3,16</sub> -17 <sub>3,15</sub>	210028.247	46.625	64.9604	210027.6	0.24	0.21
20 <sub>1,20</sub> -19 <sub>1,19</sub>	212210.382	53.422	68.7194	212212.5	0.48 <sup>a</sup>	0.39
20 <sub>0,20</sub> -19 <sub>0,19</sub>	212212.088	53.422	68.7193	<sup>h</sup>	–	–
18 <sub>2,16</sub> -17 <sub>2,15</sub>	212226.838	46.728	64.7390	212226.3	0.16	0.22
18 <sub>7,11</sub> -17 <sub>7,10</sub>	217740.095	40.983	83.8878	217738.8	0.38 <sup>a,g</sup>	0.15
18 <sub>7,12</sub> -17 <sub>7,11</sub>	217752.368	40.983	83.8784	217751.2	0.22	0.16
18 <sub>6,13</sub> -17 <sub>6,12</sub>	218604.507	42.610	78.0349	218601.3	0.28 <sup>a,i</sup>	0.18
20 <sub>1,19</sub> -19 <sub>1,18</sub>	221825.538	52.654	74.3256	221825.0	0.50 <sup>j</sup>	0.23
21 <sub>1,21</sub> -20 <sub>1,20</sub>	222574.022	56.112	75.7980	222575.1	0.78 <sup>a</sup>	0.50
21 <sub>0,21</sub> -20 <sub>0,20</sub>	222574.966	56.112	75.7979	<sup>h</sup>	–	–
19 <sub>10,9</sub> -18 <sub>10,8</sub>	228523.069	37.036	114.3580	228522.5	0.15	–
19 <sub>8,11</sub> -18 <sub>8,10</sub>	229379.952	42.132	97.9379	229379.9	0.27	–
19 <sub>5,15</sub> -18 <sub>5,14</sub>	231119.590	47.581	80.4387	231118.8	0.51	0.20
20 <sub>3,18</sub> -19 <sub>3,17</sub>	231166.485	51.995	79.3259	231166.2	0.20	0.23

Table A.3. Continued on next page

Table A.3. Emission lines of E-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
20 <sub>2,18</sub> -19 <sub>2,17</sub>	232207.365	52.030	79.2291	232206.2	0.22	0.23
22 <sub>1,22</sub> -21 <sub>1,21</sub>	232936.448	58.803	83.2223	232937.4	0.81 <sup>a</sup>	0.056
22 <sub>0,22</sub> -21 <sub>0,21</sub>	232936.968	58.803	83.2222	<sup>h</sup>	—	—
19 <sub>5,14</sub> -18 <sub>5,13</sub>	236612.049	47.694	80.7663	236612.1	0.28	0.21
20 <sub>13,8</sub> -19 <sub>13,7</sub>	240056.717	31.154	153.5544	240056.2	0.13	—
20 <sub>9,11</sub> -19 <sub>9,10</sub>	241116.900	42.997	113.3130	241117.4	0.21	—
23 <sub>1,23</sub> -22 <sub>1,22</sub>	243297.656	61.493	90.9922	243297.6	0.79 <sup>a</sup>	0.57
23 <sub>0,23</sub> -22 <sub>0,22</sub>	243297.942	61.493	90.9922	<sup>h</sup>	—	—
24 <sub>1,24</sub> -23 <sub>1,23</sub>	253657.615	64.183	99.1077	253658.2	1.44 <sup>a,e</sup>	0.58
24 <sub>0,24</sub> -23 <sub>0,23</sub>	253657.772	64.183	99.1077	<sup>h</sup>	—	—
21 <sub>3,18</sub> -20 <sub>3,17</sub>	254780.544	54.360	91.2080	254780.2	0.75 <sup>c</sup>	0.27
21 <sub>5,17</sub> -20 <sub>5,16</sub>	255039.144	53.228	96.2588	255040.1	0.43 <sup>k</sup>	0.24
21 <sub>6,16</sub> -20 <sub>6,15</sub>	255992.833	51.938	101.1582	255993.2	0.032 <sup>g</sup>	0.20
23 <sub>3,21</sub> -22 <sub>3,20</sub>	262447.591	60.034	103.5045	262447.6	0.27	0.23
23 <sub>2,21</sub> -22 <sub>2,20</sub>	262728.830	60.040	103.4801	262729.2	0.16	0.26
24 <sub>2,23</sub> -23 <sub>2,22</sub>	263194.757	63.397	105.9931	263193.8	0.21	0.24
24 <sub>1,23</sub> -23 <sub>1,22</sub>	263202.916	63.397	105.9925	263206.2	0.54 <sup>a,c</sup>	0.24
22 <sub>12,11</sub> -21 <sub>12,10</sub>	264476.928	41.679	158.5314	264477.5	0.17	—
22 <sub>3,19</sub> -21 <sub>3,18</sub>	264505.630	56.943	99.7066	264506.1	0.22	0.27
21 <sub>5,16</sub> -20 <sub>5,15</sub>	264552.447	53.551	97.0176	264552.2	0.22	0.23
22 <sub>9,14</sub> -21 <sub>9,13</sub>	265727.407	49.380	129.8000	265726.2	0.27 <sup>c</sup>	—
22 <sub>8,14</sub> -21 <sub>8,13</sub>	266529.320	51.029	122.1277	266527.6	0.35 <sup>a,l</sup>	0.16
22 <sub>8,15</sub> -21 <sub>8,14</sub>	266542.798	51.031	122.1202	266542.6	0.252	0.16
22 <sub>6,17</sub> -21 <sub>6,16</sub>	268392.677	54.835	109.6972	268391.3	0.33	0.20
22 <sub>6,16</sub> -21 <sub>6,15</sub>	271891.895	54.879	109.8849	271892.1	0.31	0.20
26 <sub>1,26</sub> -25 <sub>1,25</sub>	274373.599	69.562	116.3755	274373.8	1.09 <sup>a</sup>	0.55
26 <sub>0,26</sub> -25 <sub>0,25</sub>	274373.645	69.562	116.3755	<sup>h</sup>	—	—
23 <sub>10,13</sub> -22 <sub>10,12</sub>	277405.653	50.285	147.2903	277403.9	0.17	—
23 <sub>6,18</sub> -22 <sub>6,17</sub>	280709.473	57.703	118.6498	280710.0	0.31	0.20

**Note.**—Emission lines of E-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub> (without high blend) present in the frequency range of the Orion KL survey. Column 1 indicates the transition, Col. 2 gives the calculated frequencies, Col. 3 gives the line strenght, Col. 4 the energy of the upper level, Col. 5 the observed (centroid) rest frequencies assuming that the radial velocities relative to LSR are 7.5 km s<sup>-1</sup>, Col. 6 the observed temperature of main beam (at the peak of the line), and Col. 7 gives the main beam temperature obtained with the model.

(a) Blended with A-HCOO<sup>13</sup>CH<sub>3</sub>. (b) Blended with CCS. (c) Blended with unidentified line. (d) Blended with <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN. (e) Blended with HCOOCH<sub>3</sub>. (f) Blended with CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>. (g) Blended with (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO. (h) Blended with the last one. (i) Blended with E-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub>. (j) Blended with CH<sub>3</sub>CCH. (k) Blended with CH<sub>2</sub><sup>13</sup>CHCN. (l) Blended with CH<sub>3</sub>OH.

Table A.4. Emission lines of A- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
7 <sub>2,6</sub> - 6 <sub>2,5</sub>	83815.269	17.081	10.2933	83815.1	0.033	0.026
7 <sub>5,3</sub> - 6 <sub>5,2</sub>	85391.042	9.152	19.9666	85390.0	0.038 <sup>a</sup>	0.021
7 <sub>5,2</sub> - 6 <sub>5,1</sub>	85391.823	9.152	19.9666	85392.1	0.025	—
7 <sub>4,3</sub> - 6 <sub>4,2</sub>	85612.638	12.582	15.8572	85614.1	0.029	0.018
7 <sub>3,5</sub> - 6 <sub>3,4</sub>	85625.689	15.240	12.6635	85625.1	0.027	0.023
7 <sub>3,4</sub> - 6 <sub>3,3</sub>	86526.099	15.243	12.6843	86525.9	0.024	0.024
7 <sub>1,6</sub> - 6 <sub>1,5</sub>	88183.062	18.095	9.4337	88183.1	0.035	0.031
8 <sub>0,8</sub> - 7 <sub>0,7</sub>	89516.597	20.958	10.8489	89517.1	0.037 <sup>a</sup>	0.036
8 <sub>2,7</sub> - 7 <sub>2,6</sub>	95345.958	19.904	13.0891	95346.0	0.041	0.041
8 <sub>6,3</sub> - 7 <sub>6,2</sub>	97550.149	9.344	27.8399	97550.0	0.031 <sup>a</sup>	0.032
8 <sub>6,2</sub> - 7 <sub>6,1</sub>	97550.192	9.344	27.8399	<sup>b</sup>	—	—
8 <sub>3,6</sub> - 7 <sub>3,5</sub>	97878.451	18.328	15.5196	97878.0	0.051	0.038
8 <sub>4,5</sub> - 7 <sub>4,4</sub>	97952.962	16.012	18.7110	97953.0	0.027	0.032
8 <sub>4,4</sub> - 7 <sub>4,3</sub>	98063.891	16.012	18.7129	98063.0	0.031	0.032
8 <sub>3,5</sub> - 7 <sub>3,4</sub>	99583.734	18.339	15.5705	99584.0	0.020	0.040
8 <sub>1,7</sub> - 7 <sub>1,6</sub>	99724.969	20.694	12.3751	99725.0	0.023	0.047
9 <sub>0,9</sub> - 8 <sub>0,8</sub>	99887.823	23.605	13.8348	99888.0	0.061 <sup>c</sup>	0.054
8 <sub>2,6</sub> - 7 <sub>2,5</sub>	102729.649	20.067	13.5650	102730.0	0.024	0.047
9 <sub>8,2</sub> - 8 <sub>8,1</sub>	109634.440	5.043	43.8896	109635.0	0.080 <sup>d</sup>	0.018
9 <sub>8,1</sub> - 8 <sub>8,0</sub>	109634.440	5.043	43.8896	<sup>b</sup>	—	—
10 <sub>1,10</sub> - 9 <sub>1,9</sub>	109920.264	26.244	17.1975	109920.0	0.054	0.071
9 <sub>5,5</sub> - 8 <sub>5,4</sub>	110060.033	16.609	26.0740	110061.0	0.11 <sup>a</sup>	0.071
9 <sub>3,7</sub> - 8 <sub>3,6</sub>	110061.201	21.315	18.7845	<sup>b</sup>	—	—
9 <sub>5,4</sub> - 8 <sub>5,3</sub>	110070.010	16.609	26.0741	110070.0	0.025	0.038
9 <sub>1,8</sub> - 8 <sub>1,7</sub>	110820.027	23.256	15.7016	110820.0	0.078	0.062
9 <sub>3,6</sub> - 8 <sub>3,5</sub>	112942.078	21.348	18.8923	112941.9	0.085	0.058
9 <sub>2,7</sub> - 8 <sub>2,6</sub>	115707.373	22.873	16.9917	115706.9	0.065	0.069
12 <sub>1,12</sub> -11 <sub>1,11</sub>	131067.300	31.581	24.8837	131065.8	0.098 <sup>a</sup>	0.11
12 <sub>0,12</sub> -11 <sub>0,11</sub>	131203.459	31.585	24.8730	131203.1	0.12 <sup>a</sup>	0.11
11 <sub>3,9</sub> -10 <sub>3,8</sub>	134087.842	27.082	26.5299	134089.4	0.16 <sup>e</sup>	0.096
11 <sub>8,4</sub> -10 <sub>8,3</sub>	134150.298	13.839	51.6122	134149.4	0.081	0.070
11 <sub>8,3</sub> -10 <sub>8,2</sub>	134150.299	13.839	51.6122	<sup>b</sup>	—	—
11 <sub>4,7</sub> -10 <sub>4,6</sub>	136318.164	25.468	29.7895	136318.2	0.11	0.091
12 <sub>2,11</sub> -11 <sub>2,10</sub>	139951.691	30.812	28.0669	139950.8	0.19	0.12
11 <sub>3,8</sub> -10 <sub>3,7</sub>	140255.492	27.233	26.8807	140254.4	0.25 <sup>d</sup>	0.11
11 <sub>2,9</sub> -10 <sub>2,8</sub>	140610.459	28.286	25.1328	140610.8	0.092	0.11
13 <sub>1,13</sub> -12 <sub>1,12</sub>	141610.892	34.247	29.2557	141610.8	0.30 <sup>a,c</sup>	0.13
13 <sub>0,13</sub> -12 <sub>0,12</sub>	141690.634	34.249	29.2495	141689.8	0.22 <sup>a</sup>	0.13
12 <sub>1,11</sub> -11 <sub>1,10</sub>	142109.917	30.956	27.8502	142109.4	0.18	0.12
12 <sub>5,8</sub> -11 <sub>5,7</sub>	147422.497	26.468	38.3306	147423.1	0.23 <sup>d</sup>	0.098
12 <sub>4,9</sub> -11 <sub>4,8</sub>	147706.851	28.447	34.2694	147706.8	0.15	0.11
13 <sub>2,12</sub> -12 <sub>2,11</sub>	150775.358	33.490	32.7352	150774.8	0.12	0.14

Table A.4. Continued on next page

Table A.4. Emission lines of A-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
13 <sub>3,11</sub> -12 <sub>3,10</sub>	157501.743	32.660	35.8686	157501.7	0.17	0.14
13 <sub>12,2</sub> -12 <sub>12,1</sub>	158338.777	5.140	97.5068	158338.1	0.032 <sup>a</sup>	0.019
13 <sub>12,1</sub> -12 <sub>12,0</sub>	158338.777	5.140	97.5068	<sup>b</sup>	—	—
13 <sub>9,5</sub> -12 <sub>9,4</sub>	158592.046	18.081	68.7312	158591.7	0.14	0.10
13 <sub>9,4</sub> -12 <sub>9,3</sub>	158592.047	18.081	68.7312	<sup>b</sup>	—	—
13 <sub>8,6</sub> -12 <sub>8,5</sub>	158758.201	21.570	60.9717	158757.7	0.18	0.097
13 <sub>8,5</sub> -12 <sub>8,4</sub>	158758.212	21.570	60.9717	<sup>b</sup>	—	—
13 <sub>6,8</sub> -12 <sub>6,7</sub>	159401.868	27.312	48.2222	159401.9	0.11	0.10
13 <sub>5,9</sub> -12 <sub>5,8</sub>	159967.485	29.563	43.2481	159966.7	0.14	0.12
13 <sub>5,8</sub> -12 <sub>5,7</sub>	160278.134	29.563	43.2568	160278.1	0.21	0.12
13 <sub>3,10</sub> -12 <sub>3,9</sub>	167299.569	32.973	36.6925	167299.3	0.25	0.16
14 <sub>3,12</sub> -13 <sub>3,11</sub>	168947.243	35.398	41.1223	168946.6	0.322 <sup>f</sup>	0.16
14 <sub>8,7</sub> -13 <sub>8,6</sub>	171102.196	25.180	66.2673	171103.0	0.12	0.17
14 <sub>8,6</sub> -13 <sub>8,5</sub>	171102.234	25.180	66.2673	<sup>b</sup>	—	—
14 <sub>7,8</sub> -13 <sub>7,7</sub>	171417.097	28.036	59.4373	171416.8	0.22 <sup>a</sup>	0.16
14 <sub>7,7</sub> -13 <sub>7,6</sub>	171418.600	28.036	59.4373	<sup>b</sup>	—	—
14 <sub>6,9</sub> -13 <sub>6,8</sub>	171906.316	30.510	53.5393	171906.6	0.17 <sup>g</sup>	0.12
14 <sub>6,8</sub> -13 <sub>6,7</sub>	171944.828	30.510	53.5402	171944.6	0.29 <sup>h</sup>	0.12
14 <sub>5,10</sub> -13 <sub>5,9</sub>	172542.385	32.596	48.5840	172542.7	0.64 <sup>a</sup>	0.14
14 <sub>2,12</sub> -13 <sub>2,11</sub>	174513.074	35.988	40.3673	174513.6	0.48	0.17
18 <sub>2,17</sub> -17 <sub>2,16</sub>	203890.178	46.811	61.4405	203890.9	0.30	0.22
18 <sub>1,17</sub> -17 <sub>1,16</sub>	204052.680	46.815	61.4273	204052.2	0.19	0.18
19 <sub>1,19</sub> -18 <sub>1,18</sub>	204741.191	50.244	62.8639	204742.1	1.32 <sup>a, i</sup>	0.28
19 <sub>0,19</sub> -18 <sub>0,18</sub>	204743.735	50.244	62.8637	<sup>b</sup>	—	—
16 <sub>4,12</sub> -15 <sub>4,11</sub>	204814.372	40.159	57.0280	204815.1	0.19	0.20
17 <sub>5,13</sub> -16 <sub>5,12</sub>	210226.195	41.419	67.1092	210226.3	0.30 <sup>d</sup>	0.19
17 <sub>5,12</sub> -16 <sub>5,11</sub>	213130.376	41.450	67.2446	213131.3	0.405 <sup>d</sup>	0.22
19 <sub>1,18</sub> -18 <sub>1,17</sub>	214517.438	49.474	68.2337	214516.3	0.17	0.23
18 <sub>9,10</sub> -17 <sub>9,9</sub>	220341.017	36.060	99.2924	220340.0	0.17	0.19
18 <sub>9,9</sub> -17 <sub>9,8</sub>	220341.092	36.060	99.2924	<sup>b</sup>	—	—
18 <sub>8,11</sub> -17 <sub>8,10</sub>	220800.682	38.575	91.5776	220802.5	0.20 <sup>a</sup>	0.20
18 <sub>8,10</sub> -17 <sub>8,9</sub>	220802.865	38.575	91.5776	<sup>b</sup>	—	—
18 <sub>6,13</sub> -17 <sub>6,12</sub>	222384.797	42.708	78.9948	222385.1	0.28 <sup>a</sup>	0.18
18 <sub>5,14</sub> -17 <sub>5,13</sub>	222673.231	44.287	74.1216	222672.5	0.20	0.20
18 <sub>6,12</sub> -17 <sub>6,11</sub>	222982.054	42.710	79.0163	222982.5	0.29	0.18
20 <sub>2,19</sub> -19 <sub>2,18</sub>	224939.066	52.134	75.3939	224937.5	0.25	0.24
20 <sub>1,19</sub> -19 <sub>1,18</sub>	224996.962	52.135	75.3893	224997.4	0.26	0.24
21 <sub>1,21</sub> -20 <sub>1,20</sub>	225767.400	55.577	76.8735	225767.5	0.60 <sup>a</sup>	0.53
21 <sub>0,21</sub> -20 <sub>0,20</sub>	225768.164	55.577	76.8734	<sup>b</sup>	—	—
19 <sub>13,7</sub> -18 <sub>13,6</sub>	231775.854	23.585	146.7278	231776.2	0.18 <sup>a</sup>	0.10
19 <sub>13,6</sub> -18 <sub>13,5</sub>	231775.854	23.585	146.7278	<sup>b</sup>	—	—
19 <sub>12,8</sub> -18 <sub>12,7</sub>	231924.963	30.510	135.3251	231925.0	0.22 <sup>j</sup>	0.13

Table A.4. Continued on next page

Table A.4. Emission lines of A- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
19 <sub>12,7</sub> -18 <sub>12,6</sub>	231924.963	30.510	135.3251	<sup>b</sup>	—	—
18 <sub>4,14</sub> -17 <sub>4,13</sub>	232096.289	45.874	71.1524	232097.5	0.22	0.23
19 <sub>9,11</sub> -18 <sub>9,10</sub>	232773.587	39.364	106.6422	232773.6	0.32	0.25
19 <sub>9,10</sub> -18 <sub>9,9</sub>	232773.785	39.364	106.6422	<sup>b</sup>	—	—
19 <sub>8,12</sub> -18 <sub>8,11</sub>	233318.714	41.746	98.9427	233318.9	0.16	0.15
19 <sub>8,11</sub> -18 <sub>8,10</sub>	233323.773	41.746	98.9428	233321.5	0.20 <sup>a</sup>	0.15
19 <sub>7,13</sub> -18 <sub>7,12</sub>	234117.342	43.845	92.1940	234117.4	0.21	0.17
19 <sub>7,12</sub> -18 <sub>7,11</sub>	234207.545	43.845	92.1967	234207.3	0.28	0.17
19 <sub>6,14</sub> -18 <sub>6,13</sub>	235078.396	45.654	86.4128	235078.3	0.26	0.19
20 <sub>2,18</sub> -19 <sub>2,17</sub>	235436.627	51.498	80.3926	235436.5	0.28	0.23
21 <sub>2,20</sub> -20 <sub>2,19</sub>	235451.694	54.796	82.8970	235451.5	0.64 <sup>k</sup>	0.24
21 <sub>1,20</sub> -20 <sub>1,19</sub>	235485.671	54.796	82.8944	235485.0	0.54	0.24
22 <sub>1,22</sub> -21 <sub>1,21</sub>	236278.717	58.244	84.4043	236278.9	1.23 <sup>a</sup>	0.57
22 <sub>0,22</sub> -21 <sub>0,21</sub>	236279.133	58.244	84.4043	<sup>b</sup>	—	—
20 <sub>4,17</sub> -19 <sub>4,16</sub>	242724.285	50.835	85.0043	242724.2	0.30	0.23
19 <sub>4,15</sub> -18 <sub>4,14</sub>	245114.322	48.641	78.8942	245115.2	0.97 <sup>a</sup>	0.24
21 <sub>2,19</sub> -20 <sub>2,18</sub>	245717.702	54.141	88.2459	245717.3	0.48	0.24
22 <sub>2,21</sub> -21 <sub>2,20</sub>	245960.108	57.458	90.7509	245959.3	0.80 <sup>d</sup>	0.24
22 <sub>1,21</sub> -21 <sub>1,20</sub>	245979.864	57.458	90.7493	245979.3	0.49	0.24
23 <sub>1,23</sub> -22 <sub>1,22</sub>	246788.839	60.910	92.2857	246788.3	1.20 <sup>a</sup>	0.59
23 <sub>0,23</sub> -22 <sub>0,22</sub>	246789.065	60.910	92.2857	<sup>b</sup>	—	—
20 <sub>5,16</sub> -19 <sub>5,15</sub>	247195.603	49.930	89.3882	247195.2	0.65 <sup>i</sup>	0.21
20 <sub>6,15</sub> -19 <sub>6,14</sub>	247765.976	48.571	94.2541	247764.3	0.36 <sup>d</sup>	0.20
21 <sub>4,18</sub> -20 <sub>4,17</sub>	253824.808	53.516	93.1007	253824.2	0.63 <sup>l</sup>	0.23
20 <sub>5,15</sub> -19 <sub>5,14</sub>	255456.058	50.173	89.9727	255455.1	0.16	0.23
22 <sub>2,20</sub> -21 <sub>2,19</sub>	256062.450	56.789	96.4422	256061.4	0.46 <sup>m</sup>	0.23
23 <sub>2,22</sub> -22 <sub>2,21</sub>	256465.740	60.121	98.9552	256467.6	0.27	0.24
23 <sub>1,22</sub> -22 <sub>1,21</sub>	256477.135	60.121	98.9543	256476.3	0.70 <sup>d</sup>	0.24
24 <sub>1,24</sub> -23 <sub>1,23</sub>	257297.730	63.577	100.5177	257297.6	1.46 <sup>a,g</sup>	0.58
24 <sub>0,24</sub> -23 <sub>0,23</sub>	257297.851	63.577	100.5177	<sup>b</sup>	—	—
20 <sub>4,16</sub> -19 <sub>4,15</sub>	257600.012	51.331	87.0704	257600.2	0.24	0.24
21 <sub>9,13</sub> -20 <sub>9,12</sub>	257737.613	45.791	122.5870	257739.2	0.56 <sup>n</sup>	0.25
21 <sub>9,12</sub> -20 <sub>9,11</sub>	257738.792	45.791	122.5870	<sup>b</sup>	—	—
21 <sub>5,17</sub> -20 <sub>5,16</sub>	259213.794	52.708	97.6337	259213.8	0.44 <sup>h,o</sup>	0.22
21 <sub>6,15</sub> -20 <sub>6,14</sub>	263150.292	51.485	102.6524	263150.2	0.25	0.20
22 <sub>4,19</sub> -21 <sub>4,18</sub>	264774.192	56.184	101.5674	264774.2	0.29	0.22
23 <sub>3,21</sub> -22 <sub>3,20</sub>	266218.097	59.435	105.0035	266217.6	0.13	0.23
23 <sub>2,21</sub> -22 <sub>2,20</sub>	266453.705	59.440	104.9835	266452.5	0.69 <sup>p</sup>	0.23
24 <sub>1,23</sub> -23 <sub>1,22</sub>	266975.930	62.785	107.5095	266976.1	0.32	0.24
25 <sub>1,25</sub> -24 <sub>1,24</sub>	267805.341	66.244	109.1002	267805.1	1.22 <sup>a</sup>	0.57
25 <sub>0,25</sub> -24 <sub>0,24</sub>	267805.406	66.244	109.1002	<sup>b</sup>	—	—
22 <sub>3,19</sub> -21 <sub>3,18</sub>	268040.962	56.334	101.2239	268042.6	0.58 <sup>q</sup>	0.23

Table A.4. Continued on next page

Table A.4. Emission lines of A-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
22 <sub>13,10</sub> -21 <sub>13,9</sub>	268681.812	38.276	171.1515	268681.1	0.30 <sup>a</sup>	0.12
22 <sub>13,9</sub> -21 <sub>13,8</sub>	268681.812	38.276	171.1515	<sup>b</sup>	—	—
22 <sub>10,13</sub> -21 <sub>10,12</sub>	269670.844	46.633	139.7749	269671.1	0.383	0.23
22 <sub>10,12</sub> -21 <sub>10,11</sub>	269670.955	46.633	139.7750	<sup>b</sup>	—	—
22 <sub>5,18</sub> -21 <sub>5,17</sub>	271043.157	55.459	106.2802	271042.5	0.45 <sup>r</sup>	0.21
22 <sub>6,17</sub> -21 <sub>6,16</sub>	273006.729	54.321	111.2054	273007.5	0.23	0.20
25 <sub>2,24</sub> -24 <sub>2,23</sub>	277471.534	65.448	116.4151	277469.9	1.37 <sup>a</sup>	0.26
25 <sub>1,24</sub> -24 <sub>1,23</sub>	277475.247	65.448	116.4148	<sup>b</sup>	—	0.25

**Note.**—Emission lines of A-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub> (without high blend) present in the frequency range of the Orion KL survey. Column 1 indicates the transition, Col. 2 gives the calculated frequencies, Col. 3 gives the line strenght, Col. 4 the energy of the upper level, Col. 5 the observed (centroid) rest frequencies assuming that the radial velocities relative to LSR are 7.5 km s<sup>-1</sup>, Col. 6 the observed temperature of main beam (at the peak of the line), and Col. 7 gives the main beam temperature obtained with the model.

(a) Blended with E-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub>; (b) blended with the last one; (c) blended with HC<sup>13</sup>CCN  $\nu_7=1$ ; (d) blended with unidentified line; (e) blended with OCS  $\nu_2=1$ ; (f) blended with SO<sup>18</sup>O; (g) blended with CH<sub>2</sub>CHCN  $\nu_{11}=1$ ; (h) blended with CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>; (i) blended with HCOOCH<sub>3</sub>; (j) blended with CH<sub>3</sub>C<sup>15</sup>N; (k) blended with <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>OH  $\nu_t=1$ ; (m) blended with <sup>13</sup>CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN; (n) blended with CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN; (o) blended with <sup>33</sup>SO<sub>2</sub>; (p) blended with CH<sub>2</sub>CHCN  $\nu_{15}=1$ ; (q) blended with (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO; (r) blended with CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub><sup>13</sup>CN.

Table A.5. Emission lines of  $\text{E-H}^{13}\text{COOCH}_3$ .

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
7 <sub>2,6</sub> - 6 <sub>2,5</sub>	83809.836	17.079	10.3056	83910.1	0.025	0.026
7 <sub>5,2</sub> - 6 <sub>5,1</sub>	85382.978	9.151	19.9812	85383.0	0.026	—
7 <sub>5,3</sub> - 6 <sub>5,2</sub>	85389.398	9.151	19.9703	85390.0	0.039 <sup>a</sup>	0.021
7 <sub>4,3</sub> - 6 <sub>4,2</sub>	85585.823	12.506	15.8718	85586.1	0.015	0.018
7 <sub>4,4</sub> - 6 <sub>4,3</sub>	85586.049	12.505	15.8629	<sup>b</sup>	—	—
7 <sub>3,5</sub> - 6 <sub>3,4</sub>	85628.726	15.106	12.6744	85629.1	0.024	0.023
7 <sub>3,4</sub> - 6 <sub>3,3</sub>	86508.431	15.109	12.6963	86509.9	0.060 <sup>c</sup>	0.024
7 <sub>2,5</sub> - 6 <sub>2,4</sub>	89496.891	17.191	10.5914	89497.0	0.035	0.026
8 <sub>0,8</sub> - 7 <sub>0,7</sub>	89514.654	20.955	10.8619	89517.1	0.028 <sup>a</sup>	0.036
8 <sub>2,7</sub> - 7 <sub>2,6</sub>	95339.998	19.901	13.1012	95340.0	0.075 <sup>d</sup>	0.041
8 <sub>6,3</sub> - 7 <sub>6,2</sub>	97549.345	9.343	27.8412	97550.0	0.032 <sup>a</sup>	—
8 <sub>3,6</sub> - 7 <sub>3,5</sub>	97874.327	18.303	15.5306	97873.0	0.046 <sup>d</sup>	—
8 <sub>4,4</sub> - 7 <sub>4,3</sub>	98019.641	15.477	18.7267	98020.0	0.032	0.032
8 <sub>1,7</sub> - 7 <sub>1,6</sub>	99716.735	20.691	12.3873	99717.0	0.039	0.047
9 <sub>0,9</sub> - 8 <sub>0,8</sub>	99886.018	23.602	13.8478	99886.0	0.045	0.054
8 <sub>2,6</sub> - 7 <sub>2,5</sub>	102717.904	20.065	13.5766	102718.0	0.045	0.047
9 <sub>2,8</sub> - 8 <sub>2,7</sub>	106715.333	22.673	16.2814	106715.0	0.077	0.069
9 <sub>7,2</sub> - 8 <sub>7,1</sub>	109705.205	9.493	37.0457	109704.9	0.025	—
9 <sub>6,4</sub> - 8 <sub>6,3</sub>	109841.731	13.348	31.0951	109841.0	0.090 <sup>d</sup>	—
10 <sub>1,10</sub> - 9 <sub>1,9</sub>	109918.436	26.241	17.2104	109917.9	0.050	0.071
9 <sub>5,4</sub> - 8 <sub>5,3</sub>	110053.936	16.603	26.0880	110053.9	0.097 <sup>e</sup>	0.038
9 <sub>5,5</sub> - 8 <sub>5,4</sub>	110062.080	16.602	26.0776	110060.9	0.11 <sup>a</sup>	—
9 <sub>4,6</sub> - 8 <sub>4,5</sub>	110402.365	18.242	21.9861	110400.9	0.054	0.051
9 <sub>4,5</sub> - 8 <sub>4,4</sub>	110590.572	18.244	21.9963	110590.4	0.055	0.050
9 <sub>1,8</sub> - 8 <sub>1,7</sub>	110812.147	23.253	15.7134	110810.9	0.071	0.062
9 <sub>3,6</sub> - 8 <sub>3,5</sub>	112928.944	21.341	18.9032	112929.9	0.081	0.058
9 <sub>2,7</sub> - 8 <sub>2,6</sub>	115694.596	22.870	17.0029	115694.9	0.23 <sup>f</sup>	0.069
12 <sub>1,12</sub> -11 <sub>1,11</sub>	131065.629	31.576	24.8965	131065.8	0.098 <sup>a</sup>	0.11
12 <sub>0,12</sub> -11 <sub>0,11</sub>	131201.873	31.581	24.8858	131203.1	0.12 <sup>a</sup>	0.11
11 <sub>10,1</sub> -10 <sub>10,0</sub>	133978.227	5.100	68.0685	133978.8	0.12 <sup>d</sup>	—
11 <sub>9,2</sub> -10 <sub>9,1</sub>	134043.558	9.712	59.3881	134044.4	0.069	—
11 <sub>3,9</sub> -10 <sub>3,8</sub>	134078.308	27.078	26.5403	134078.2	0.14	0.096
11 <sub>8,4</sub> -10 <sub>8,3</sub>	134153.187	13.838	51.6088	134153.2	0.072	—
11 <sub>4,7</sub> -10 <sub>4,6</sub>	136298.445	25.361	29.7993	136298.2	0.14	0.091
12 <sub>2,11</sub> -11 <sub>2,10</sub>	139945.190	30.808	28.0781	139944.8	0.23	0.10
11 <sub>3,8</sub> -10 <sub>3,7</sub>	140239.574	27.229	26.8907	140239.4	0.16	0.11
11 <sub>2,9</sub> -10 <sub>2,8</sub>	140596.806	28.283	25.1432	140596.8	0.14	0.11
13 <sub>1,13</sub> -12 <sub>1,12</sub>	141609.300	34.243	29.2684	141610.8	0.30 <sup>a,g</sup>	0.13
13 <sub>0,13</sub> -12 <sub>0,12</sub>	141689.106	34.245	29.2622	141689.8	0.22 <sup>a</sup>	0.13
12 <sub>1,11</sub> -11 <sub>1,10</sub>	142103.700	30.953	27.8613	142103.1	0.16	0.12
12 <sub>3,10</sub> -11 <sub>3,9</sub>	145869.737	29.886	31.0126	145869.7	0.27 <sup>d</sup>	0.11
12 <sub>11,2</sub> -11 <sub>11,1</sub>	146170.476	5.122	82.1155	146170.6	0.17 <sup>d</sup>	—

Table A.5. Continued on next page

Table A.5. Emission lines of E-H<sup>13</sup>COOCH<sub>3</sub>.

Transition $J_{K_a,K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ (cm <sup>-1</sup> )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
12 <sub>10,2</sub> -11 <sub>10,1</sub>	146216.401	9.795	72.5376	146216.9	0.22 <sup>d</sup>	—
12 <sub>10,3</sub> -11 <sub>10,2</sub>	146230.818	9.796	72.5231	146229.4	0.16 <sup>d</sup>	—
12 <sub>8,4</sub> -11 <sub>8,3</sub>	146430.709	17.802	56.0970	146430.6	0.099	—
12 <sub>8,5</sub> -11 <sub>8,4</sub>	146444.658	17.803	56.0837	146444.4	0.097	—
12 <sub>5,8</sub> -11 <sub>5,7</sub>	147451.754	25.443	38.3353	147451.9	0.31 <sup>d</sup>	0.098
12 <sub>4,9</sub> -11 <sub>4,8</sub>	147698.976	28.420	34.2782	147698.7	0.16	0.11
12 <sub>4,8</sub> -11 <sub>4,7</sub>	149519.098	28.434	34.3458	149518.7	0.23	0.11
13 <sub>2,12</sub> -12 <sub>2,11</sub>	150768.943	33.486	32.7462	150768.7	0.15	0.14
13 <sub>3,11</sub> -12 <sub>3,10</sub>	157491.316	32.656	35.8783	157491.8	0.20	0.14
13 <sub>12,1</sub> -12 <sub>12,0</sub>	158335.977	5.140	97.5093	158338.1	0.032 <sup>a</sup>	—
13 <sub>12,2</sub> -12 <sub>12,1</sub>	158350.561	5.140	97.4955	158350.6	0.056	—
13 <sub>11,3</sub> -12 <sub>11,2</sub>	158406.539	9.867	86.9913	158406.8	0.052	—
13 <sub>9,4</sub> -12 <sub>9,3</sub>	158582.115	18.080	68.7395	158581.7	0.091 <sup>d</sup>	—
13 <sub>9,5</sub> -12 <sub>9,4</sub>	158597.593	18.081	68.7259	158597.7	0.14	—
13 <sub>8,6</sub> -12 <sub>8,5</sub>	158761.284	21.569	60.9686	158760.7	0.075	—
13 <sub>6,7</sub> -12 <sub>6,6</sub>	159394.995	27.289	48.2341	159394.3	0.12	0.10
13 <sub>5,9</sub> -12 <sub>5,8</sub>	159986.532	28.497	43.2538	159986.7	0.14	0.12
14 <sub>1,13</sub> -13 <sub>1,12</sub>	162537.041	36.201	37.6816	162536.7	0.36	0.20
13 <sub>4,9</sub> -12 <sub>4,8</sub>	163037.247	31.400	39.3332	163038.1	0.25 <sup>d</sup>	0.14
13 <sub>3,10</sub> -12 <sub>3,9</sub>	167281.405	32.969	36.7014	167281.7	0.27	0.16
14 <sub>9,5</sub> -13 <sub>9,4</sub>	170882.034	21.939	74.0292	170881.1	0.21 <sup>d</sup>	—
14 <sub>7,8</sub> -13 <sub>7,7</sub>	171418.152	28.034	59.4363	171416.8	0.22 <sup>a</sup>	—
14 <sub>6,8</sub> -13 <sub>6,7</sub>	171911.486	30.371	53.5509	171911.7	0.19	0.12
14 <sub>4,11</sub> -13 <sub>4,10</sub>	172349.194	34.251	44.5443	172349.3	0.42	0.16
14 <sub>5,10</sub> -13 <sub>5,9</sub>	172545.638	32.202	48.5904	172542.6	0.64 <sup>a</sup>	0.14
14 <sub>5,9</sub> -13 <sub>5,8</sub>	173110.094	32.204	48.6112	173109.3	0.31	0.14
14 <sub>2,12</sub> -13 <sub>2,11</sub>	174501.482	35.984	40.3764	174501.6	0.64 <sup>h</sup>	0.17
14 <sub>4,10</sub> -13 <sub>4,9</sub>	176832.739	34.330	44.7715	176832.6	0.43	0.16
18 <sub>2,17</sub> -17 <sub>2,16</sub>	203884.391	46.806	61.4505	203884.5	0.28	0.22
18 <sub>1,17</sub> -17 <sub>1,16</sub>	204047.099	46.810	61.4372	204047.1	0.16	0.18
19 <sub>1,19</sub> -18 <sub>1,18</sub>	204740.017	50.239	62.8764	204742.1	1.32 <sup>a,i</sup>	0.28
19 <sub>0,19</sub> -18 <sub>0,18</sub>	204742.565	50.239	62.8762	<sup>b</sup>	—	—
17 <sub>13,5</sub> -16 <sub>13,4</sub>	207254.596	18.873	132.4823	207255.1	0.12	—
17 <sub>9,8</sub> -16 <sub>9,7</sub>	207925.018	32.679	92.3632	207925.0	0.51 <sup>i</sup>	—
17 <sub>9,9</sub> -16 <sub>9,8</sub>	207944.752	32.681	92.3519	207945.1	0.32	—
17 <sub>6,12</sub> -16 <sub>6,11</sub>	209718.733	38.687	72.0032	209718.9	0.24	0.17
17 <sub>5,13</sub> -16 <sub>5,12</sub>	210212.827	41.409	67.1151	210212.6	0.26	0.19
17 <sub>5,12</sub> -16 <sub>5,11</sub>	213110.033	41.440	67.2504	213110.1	0.29	0.22
17 <sub>4,13</sub> -16 <sub>4,12</sub>	218601.693	43.035	63.8658	218601.3	0.31 <sup>j</sup>	0.20
18 <sub>10,8</sub> -17 <sub>10,7</sub>	220010.755	33.245	107.9437	220011.3	0.18	—
18 <sub>8,10</sub> -17 <sub>8,9</sub>	220784.310	38.572	91.5850	220786.3	0.24 <sup>k</sup>	—
18 <sub>8,11</sub> -17 <sub>8,10</sub>	220804.436	38.573	91.5750	220802.5	0.20 <sup>a</sup>	0.20

Table A.5. Continued on next page



Table A.5. Emission lines of  $\text{E-H}^{13}\text{COOCH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
18 <sub>7,12</sub> -17 <sub>7,11</sub>	221498.571	40.475	84.8057	221497.5	0.10	–
18 <sub>6,13</sub> -17 <sub>6,12</sub>	222382.847	42.359	78.9987	222385.1	0.28 <sup>a</sup>	0.18
18 <sub>6,12</sub> -17 <sub>6,11</sub>	222955.457	42.361	79.0216	222955.0	0.18	0.18
19 <sub>3,17</sub> -18 <sub>3,16</sub>	223855.003	48.807	73.0157	223855.0	0.37	0.23
20 <sub>1,19</sub> -19 <sub>1,18</sub>	224991.467	52.130	75.3988	224991.2	0.14	0.24
21 <sub>1,21</sub> -20 <sub>1,20</sub>	225766.352	55.572	76.8859	225767.47	0.60 <sup>a</sup>	0.53
19 <sub>4,16</sub> -18 <sub>4,15</sub>	231439.432	48.133	77.2898	231439.97	0.22	0.24
19 <sub>8,11</sub> -18 <sub>8,10</sub>	233302.679	41.738	98.9496	233303.97	0.27	–
19 <sub>8,12</sub> -18 <sub>8,11</sub>	233323.584	41.740	98.9402	233321.47	0.20 <sup>a</sup>	–
19 <sub>7,13</sub> -18 <sub>7,12</sub>	234139.237	42.713	92.1941	234139.34	0.25	0.17
19 <sub>7,12</sub> -18 <sub>7,11</sub>	234162.353	42.712	92.2030	234161.33	0.29	0.17
20 <sub>2,18</sub> -19 <sub>2,17</sub>	235428.178	51.493	80.3998	235427.65	0.27	0.23
21 <sub>2,20</sub> -20 <sub>2,19</sub>	235446.184	54.791	82.9064	235445.25	0.24	0.24
21 <sub>1,20</sub> -20 <sub>1,19</sub>	235480.226	54.791	82.9038	235482.8	0.33	0.24
22 <sub>1,22</sub> -21 <sub>1,21</sub>	236277.731	58.238	84.4166	236278.9	1.23 <sup>a</sup>	0.57
22 <sub>0,22</sub> -21 <sub>0,21</sub>	236278.147	58.238	84.4166	<sup>b</sup>	–	–
19 <sub>3,16</sub> -18 <sub>3,15</sub>	238144.264	48.720	76.3911	238144.3	0.19	0.25
19 <sub>5,14</sub> -18 <sub>5,13</sub>	241174.549	47.257	81.9316	238174.3	0.60 <sup>d</sup>	0.26
20 <sub>4,17</sub> -19 <sub>4,16</sub>	242710.865	50.830	85.0098	242710.2	0.47 <sup>l,m</sup>	0.23
20 <sub>10,10</sub> -19 <sub>10,9</sub>	244780.618	40.073	123.0339	244780.3	0.17	–
21 <sub>2,19</sub> -20 <sub>2,18</sub>	245709.266	54.137	88.2528	245709.3	0.63 <sup>n</sup>	0.24
22 <sub>2,21</sub> -21 <sub>2,20</sub>	245954.672	57.453	90.7601	245954.2	0.55 <sup>k</sup>	0.24
22 <sub>1,21</sub> -21 <sub>1,20</sub>	245974.471	57.454	90.7585	245974.3	0.79 <sup>d</sup>	0.24
23 <sub>1,23</sub> -22 <sub>1,22</sub>	246787.914	60.905	92.2980	246788.3	1.20 <sup>a</sup>	0.59
23 <sub>0,23</sub> -22 <sub>0,22</sub>	246788.140	60.905	92.2980	<sup>b</sup>	–	–
20 <sub>5,15</sub> -19 <sub>5,14</sub>	255430.688	50.168	89.9763	255431.3	0.25	0.21
23 <sub>2,22</sub> -22 <sub>2,21</sub>	256460.372	60.117	98.9642	256460.1	0.42 <sup>d</sup>	0.24
23 <sub>1,22</sub> -22 <sub>1,21</sub>	256471.794	60.117	98.9634	256471.3	0.28	0.24
21 <sub>12,9</sub> -20 <sub>12,8</sub>	256565.343	37.801	151.2096	256565.14	0.16	–
21 <sub>10,11</sub> -20 <sub>10,10</sub>	257204.345	43.381	131.1989	257203.8	0.24	–
24 <sub>1,24</sub> -23 <sub>1,23</sub>	257296.864	63.572	100.5300	257297.6	1.46 <sup>a,m</sup>	0.58
24 <sub>0,24</sub> -23 <sub>0,23</sub>	257296.987	63.572	100.5300	<sup>b</sup>	–	–
21 <sub>9,12</sub> -20 <sub>9,11</sub>	257720.704	45.788	122.5918	257721.2	0.13	–
21 <sub>5,17</sub> -20 <sub>5,16</sub>	259197.622	52.704	97.6376	259197.5	0.18	0.23
21 <sub>7,14</sub> -20 <sub>7,13</sub>	259815.483	48.910	108.2505	259814.2	0.31 <sup>o</sup>	0.18
23 <sub>3,21</sub> -22 <sub>3,20</sub>	266209.286	59.431	105.0099	266210.0	0.29	0.23
24 <sub>2,23</sub> -23 <sub>2,22</sub>	266964.099	62.780	107.5188	266964.2	0.38	0.24
24 <sub>1,23</sub> -23 <sub>1,22</sub>	266970.642	62.780	107.5183	266970.2	0.43 <sup>p</sup>	0.24
25 <sub>1,25</sub> -24 <sub>1,24</sub>	267804.536	66.240	109.1125	267805.1	1.22 <sup>a</sup>	0.57
25 <sub>0,25</sub> -24 <sub>0,24</sub>	267804.601	66.240	109.1125	<sup>b</sup>	–	–
22 <sub>3,19</sub> -21 <sub>3,18</sub>	268030.998	56.330	101.2282	268030.0	0.58	0.23
22 <sub>13,9</sub> -21 <sub>13,8</sub>	268678.930	38.280	171.1514	268681.1	0.30 <sup>a</sup>	0.12

Table A.5. Continued on next page

Table A.5. Emission lines of E- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ .

Transition $J_{K_a, K_c}$	Predicted Frequency (MHz)	$S_{ij}$	$E_u$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Observed Frequency (MHz)	Observed $T_{mb}$ (K)	Modeled $T_{mb}$ (K)
$22_{10,13}-21_{10,12}$	269680.387	46.633	139.7703	269679.1	$0.20^q$	–
$22_{5,18}-21_{5,17}$	271027.098	55.455	106.2835	271027.5	0.36	0.21
$24_{2,22}-23_{2,21}$	276868.955	62.090	113.8775	276869.1	0.48	0.24
$22_{6,16}-21_{6,15}$	277096.091	54.372	111.4324	277096.3	$0.51^o$	0.20

**Note.**—Emission lines of E- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$  (without high blend) present in the frequency range of the Orion KL survey. Column 1 indicates the transition, Col. 2 gives the calculated frequencies, Col. 3 gives the line strength, Col. 4 the energy of the upper level, Col. 5 the observed (centroid) rest frequencies assuming that the radial velocities relative to LSR are  $7.5 \text{ km s}^{-1}$ , Col. 6 the observed temperature of main beam (at the peak of the line), and Col. 7 gives the main beam temperature obtained with the model.

(a) Blended with A- $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ . (b) Blended with the last one. (c) Blended with  $\text{CH}_3\text{OD}$ . (d) Blended with unidentified line. (e) Blended with  $\text{HCCCN } \nu_7=3$ . (f) Blended with  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . (g) Blended with  $\text{HC}^{13}\text{CCN } \nu_7=1$ . (h) Blended with  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$ . (i) Blended with  $\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15}=1$ . (j) Blended with  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ . (k) Blended with  $\text{HCOOCH}_3$ . (l) Blended with  $\text{CH}_2^{13}\text{CHCN}$ . (m) Blended with  $\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11}=1$ . (n) Blended with  $\text{CCS}$ . (o) Blended with  $g^+-\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . (p) Blended with  $t\text{-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ . (q) Blended with  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

# ROTATIONAL SPECTRUM AND TENTATIVE DETECTION OF $\text{DCOOCH}_3$ –METHYL FORMATE IN ORION

L. MARGULÈS<sup>1</sup>, T. R. HUET<sup>1</sup>, J. DEMAISON<sup>1</sup>, M. CARVAJAL<sup>2</sup>, I. KLEINER<sup>3</sup>, H. MØLLENDAL<sup>4</sup>, B. TERCERO<sup>5</sup>, N. MARCELINO<sup>5</sup>,  
 AND J. CERNICHAHO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes, et Molécules, UMR CNRS 8523, Université Lille 1, F-59655 Villeneuve d'Ascq Cédex, France;  
[laurent.margules@univ-lille1.fr](mailto:laurent.margules@univ-lille1.fr)

<sup>2</sup> Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21071 Huelva, Spain

<sup>3</sup> Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, UMR CNRS 7583, Université Paris 7 et Université Paris 12, 61 av. Charles de Gaulle,  
 F-94010 Créteil Cédex, France

<sup>4</sup> Centre for Theoretical and Computational Chemistry (CTCC), Department of Chemistry, University of Oslo, P.O. Box 1033 Blindern, NO-0315 Oslo, Norway

<sup>5</sup> Centro de Astrobiología (CSIC-INTA), Laboratory of Molecular Astrophysics, Department of Astrophysics, Ctra de Ajalvir, Km 4, 28850 Torrejón de Ardoz,  
 Madrid, Spain; [jcernicharo@cab.inta-csic.es](mailto:jcernicharo@cab.inta-csic.es)

Received 2009 June 19; accepted 2010 March 5; published 2010 April 16

## ABSTRACT

New centimeter-wave (7–80 GHz) and submillimeter-wave (580–661 GHz) spectra of a deuterated species of methyl formate ( $\text{DCOOCH}_3$ ) have been measured. Transitions with a maximum value of  $J = 64$  and  $K = 36$  have been assigned and fitted together with previous measurements. The internal rotation of this compound was treated using the so-called rho axis method. A total of 1703 transitions were fitted using this method. Only 24 parameters were employed in the final fit, which has an rms deviation of 94.2 kHz. The dipole moment and the nuclear quadrupole coupling constants of the deuterated specie have also been obtained. This new study has permitted a tentative detection of  $\text{DCOOCH}_3$  in Orion with the IRAM 30 m telescope based on the observation of more than 100 spectral features with low blending effects among the 400 lines expected in the observed frequency domain (for which over 300 are heavily blended with other species). These 100 transitions are above noise and confusion limited without heavy blending and cannot be assigned to any other species. Moreover, none of the strongest unblended transitions is missing. The derived source-averaged total column density for  $\text{DCOOCH}_3$  is  $7.8 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  and the  $\text{DCOOCH}_3/\text{HCOOCH}_3$  column density ratio varies between 0.02 and 0.06 in the different cloud components of Orion. This value is consistent with the deuteration enhancement found for other species in this cloud.

**Key words:** ISM: molecules – line: identification – methods: data analysis – methods: laboratory – methods: observational – submillimeter: ISM

**Online-only material:** color figures, machine-readable table

## 1. INTRODUCTION

Methyl formate ( $\text{HCOOCH}_3$ ) has been detected in the hot cores of giant molecular clouds such as Orion KL, Sgr B2(N), and W51 e1/e2, in star-forming regions, and in comets (Blake et al. 1986; Nummelin et al. 2000; Lovas 2004; Kobayashi et al. 2007; Demyk et al. 2008). The relatively large abundance of methyl formate in hot core sources has led to the identification of an important number of interstellar lines. Approximately 900 lines of the ground torsional state were detected in various interstellar molecular clouds, Sgr B2, Orion KL, and W51 e1/e2 (Lovas 2004). Recently, torsionally excited lines of methyl formate were also observed in Orion KL by Kobayashi et al. (2007) and in W51 e2 by Demyk et al. (2008). The  $^{13}\text{C}$  species of methyl formate were also subject of astrophysical searches, and about 400 lines belonging to  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$  and  $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$  were very recently detected (Carvajal et al. 2009).

Despite the fact that methyl formate is such an abundant ubiquitous interstellar molecule and that isotopic fractionation effects involving deuterium are prevalent in the interstellar medium (Herbst 1992), the singly deuterated isotopologues of methyl formate have not been detected yet. As already pointed out by Oesterling et al. (1995), the absence of detection is weird because deuterated isotopologues of methanol ( $\text{CH}_3\text{OD}$  and  $\text{CH}_2\text{DOH}$ ) have been detected in the interstellar medium (Mauersberger et al. 1988; Jacq et al. 1993). We should emphasize that the identification of interstellar normal methyl formate and its  $^{13}\text{C}$  isotopologues was only made possible thanks

to comprehensive laboratory work. The large spectral material, which is now available for methyl formate, is required to make full use for the new radio-astronomy facilities (*Herschel*, ALMA, SOFIA). The reason of this comprehensive experimental and theoretical work is due to the fact that the structure of the methyl formate spectrum is complicated by the combination of a large amplitude motion, the torsion, with the large asymmetry splittings occurring in this fairly asymmetric near-prolate rotor ( $\kappa = -0.75$  for  $\text{DCOOCH}_3$ ). In particular, the internal rotation of the methyl group splits each rotational line into a doublet (characterized by the symmetry labels A and E). As the molecule is light and as the barrier to internal rotation is not so high, the internal rotation splittings are relatively large and the transition frequencies are thus difficult to calculate with accuracy, especially at high  $J$  values, without appropriate theory. The singly deuterated methyl formate isotopologue  $\text{DCOOCH}_3$  was not studied as much as the normal species or even the  $^{13}\text{C}$  species (Willaert et al. 2006; Carvajal et al. 2007, 2009; Maeda et al. 2008a, 2008b; Ilyushin et al. 2009), or the mono-deuterated methyl formate  $\text{HCOOCH}_2\text{D}$ , which was also recently investigated (Margulès et al. 2009a) at high resolution. Curl (1959) has studied different isotopic species of methyl formate, measuring the microwave spectrum of  $\text{DCOOCH}_3$  up to 30 GHz, identifying 27 rotational transitions, and analyzing the internal rotation splittings and spectra using the principal axis method (PAM). He also determined the components of the electric dipole moment along the  $a$  and  $b$  principal axes. Oesterling et al. (1995) extended the measurements of the spectra to a frequency of

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astrophysical Journal* a través del siguiente enlace: <http://iopscience.iop.org/0004-637X>

A&A 538, A119 (2012)  
DOI: [10.1051/0004-6361/201117072](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201117072)  
© ESO 2012

## Microwave and submillimeter spectroscopy and first ISM detection of $^{18}\text{O}$ -methyl formate<sup>★</sup>

B. Tercero<sup>1</sup>, L. Margulès<sup>2</sup>, M. Carvajal<sup>3</sup>, R. A. Motiyenko<sup>2</sup>, T. R. Huet<sup>2</sup>, E. A. Alekseev<sup>4</sup>, I. Kleiner<sup>5</sup>, J. C. Guillemin<sup>6</sup>, H. Møllendal<sup>7</sup>, and J. Cernicharo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro de Astrobiología (CSIC-INTA). Laboratory of Molecular Astrophysics. Department of Astrophysics. Ctra de Ajalvir, Km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain

<sup>2</sup> Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes, et Molécules, UMR CNRS 8523, Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

e-mail: [laurent.margules@univ-lille1.fr](mailto:laurent.margules@univ-lille1.fr)

<sup>3</sup> Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21071 Huelva, Spain

<sup>4</sup> Institute of Radio Astronomy of NASU, Chervonopraporna Str., 4, 61002 Kharkov, Ukraine

<sup>5</sup> Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, UMR CNRS/IPSL 7583, Université Paris 7 et Université Paris Est, 61 Av. Charles de Gaulle, 94010 Créteil Cedex, France

<sup>6</sup> Sciences Chimiques de Rennes, École Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, UMR 6226, Avenue du Général Leclerc, CS 50837, 35708 Rennes Cedex 7, France

<sup>7</sup> Centre for Theoretical and Computational Chemistry (CTCC), Department of Chemistry, University of Oslo, PO Box 1033, Blindern, 0315 Oslo, Norway

Received 13 April 2011 / Accepted 3 October 2011

### ABSTRACT

**Context.** Astronomical survey of interstellar molecular clouds needs a previous analysis of the spectra in the microwave and sub-mm energy range to be able to identify them. We obtained very accurate spectroscopic constants in a comprehensive laboratory analysis of rotational spectra. These constants can be used to predict transition frequencies that were not measured in the laboratory very precisely.

**Aims.** We present an experimental study and a theoretical analysis of two  $^{18}\text{O}$ -methyl formate isotopologues, which were subsequently detected for the first time in Orion KL.

**Methods.** The experimental spectra of both methyl formate isotopologues recorded in the microwave and sub-mm range from 1 to 660 GHz. Both spectra were analysed by using the rho-axis method (RAM) which takes into account the  $\text{CH}_3$  internal rotation.

**Results.** We obtained spectroscopic constants of both  $^{18}\text{O}$ -methyl formate with high accuracy. Thousands of transitions were assigned and others predicted, which allowed us to detect both species in the IRAM 30 m line survey of Orion KL.

**Key words.** astrochemistry – ISM: molecules – submillimeter: ISM – line: identification – astronomical databases: miscellaneous – ISM: individual objects: Orion KL

### 1. Introduction

Complex organic molecules are relatively heavy and therefore have their maximum absorptions in the millimeter domain at about 300 GHz. But the most abundant compounds, like methyl formate, can be detected in the ISM up to 900 GHz (Comito et al. 2005). Since the first detection of this compound in 1975 (Brown et al. 1975; Churchwell et al. 1975), nearly one thousand lines were detected in the ground torsional state  $v_t = 0$  (Lovas 2004) in star-forming regions (Sakai et al. 2007, and references therein). The column density depends on the object, it goes from  $8.8 \times 10^{15}$  in NGC 2264 MMS 3 (Sakai et al. 2007) to  $3.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$  in G19.61-0.23 (Remijan et al. 2004). Because of this fairly high column density, some lines from the first torsional state were also detected in Orion KL (Kobayashi et al. 2007) and in W51e2 (Demyk et al. 2008).

The spectra of the complex organic molecules are dense, and when a compound is abundant, for example methyl formate, one can detect the lines from the lower energy excited states, but also those from isotopic species. They can only be unambiguously detected if laboratory measurements and theoretical modelling are performed. Accurate line-by-line predictions for the positions and intensities were obtained for this purpose. Laboratory spectroscopic studies are therefore very important to be able to satisfactorily treat the spectra that are or will be obtained with submillimeter wave facilities *Herschel*, ALMA, and SOFIA.

Consequently, we decided to study the entire mono-isotopic species of methyl formate (Willaert et al. 2006; Carvajal et al. 2007, 2009, 2010; Margulès et al. 2009a, 2010; Demaison et al. 2010). These studies allowed the detection of more than 400 lines of both  $^{13}\text{C}$  isotopologues and 100 lines of  $\text{DCOOCH}_3$  in Orion KL.

The first laboratory measurements of the rotational spectra of methyl formate were made by Curl (1959). But the first general analysis of the internal rotation splitting (A and E) was made in 1999 (Oesterling et al. 1999). A more complete summary of the

★ Full Tables A.1 et A.2 are available at the CDS via anonymous ftp to [cdsarc.u-strasbg.fr](ftp://cdsarc.u-strasbg.fr) (130.79.128.5) or via <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/qcat?J/A+A/538/A119>

El artículo en su totalidad se encuentra publicado en la revista *Astronomy and Astrophysics* a través del siguiente enlace: <http://www.aanda.org/>

### 9.4.1 Resultados más importantes y valoración final

Podemos destacar los siguientes resultados de los artículos anteriores:

- Se consigue medir un número significativo de frecuencias en reposo experimentalmente para distintas transiciones de todos los isotopólogos estudiados en rangos de frecuencia (y por tanto rangos de  $J$  y energía) donde es más posible la detección astronómica.
- Para  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$  se asignan 936 líneas donde 454 corresponden al subestado A y 482 al E, en el rango entre 4–700 GHz con  $J \leq 63$  y  $K_a \leq 34$  y con una incertidumbre de entre 5–150 kHz para líneas no solapadas.
- 872 líneas son asignadas a  $\text{DCOOCH}_3$  en el rango 7–661 GHz, con  $J \leq 64$  y  $K_a \leq 36$  y con una incertidumbre de entre 3–200 kHz.
- 4 430 líneas son asignadas a  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$  (A y E) en el estado fundamental, en el rango entre 1–660 GHz con  $J \leq 62$  y  $K_a \leq 30$  y con una incertidumbre de entre 3–150 kHz.
- 3 258 líneas son asignadas a  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$  (A y E) en el estado fundamental, en el rango entre 1–660 GHz con  $J \leq 63$  y  $K_a \leq 30$  y con una incertidumbre de entre 3–150 kHz para líneas no solapadas.
- Se ajustan 28 parámetros moleculares para  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ , incluyendo  $F$ , parámetro de la rotación interna.
- Se obtienen 24 parámetros moleculares con un ajuste global de 4 954 líneas de  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$  y  $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$  (líneas medidas en nuestro artículo más las obtenidas por Maeda et al., 2008), con  $J_{\text{max}} = 59$  y una desviación estándar de 66.9 kHz.
- Se obtienen 24 parámetros moleculares de  $\text{DCOOCH}_3$  realizando un ajuste global de 1 703 líneas en el estado fundamental (aquellas medidas en nuestro artículo más las obtenidas en previos estudios) con una desviación estándar de 94.2 kHz.
- Se obtienen 31 parámetros moleculares de  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$  con una desviación estándar de 47.8 kHz.
- Se obtienen 30 parámetros moleculares de  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$  con una desviación estándar de 44.8 kHz.
- Se miden los momentos dipolares permanentes de formiato de metilo ( $\mu_a = 1.648(8)$ ,  $\mu_b = 0.706(12)$  y  $\mu_{\text{rot}} = 1.793(11)$  D) y de  $\text{DCOOCH}_3$  ( $\mu_a = 1.643(12)$ ,  $\mu_b = 0.748(11)$  y  $\mu_{\text{rot}} = 1.806(13)$  D) en los ejes principales.
- Se calculan las fuerzas de línea para  $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ,  $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ ,  $\text{DCOOCH}_3$ ,  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$  y  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$ .
- La estructura hiperfina cuadrupolar del átomo de deuterio es analizada para  $\text{DCOOCH}_3$ .
- Los isotopólogos  $^{13}\text{C}$  de formiato de metilo son detectados en Orión KL a través de 464 líneas de nuestro barrido espectral. Gracias a un modelo de esta emisión, estimamos la densidad de columna del isotopólogo principal de  $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$  para cada estado (A y E).

- 102 líneas sin un alto grado de solapamiento son compatibles con la presencia de la emisión de  $\text{DCOOCH}_3$  en nuestro barrido espectral de Orión KL. El análisis de esta emisión indica una relación de abundancias  $\text{DCOOCH}_3/\text{HCOOCH}_3$  de entre 0.02–0.06 dependiendo de la componente asumida, resultado similar al obtenido en trabajos previos de distintos autores. Además, no existe ninguna línea de  $\text{DCOOCH}_3$  ausente en nuestras observaciones. Todos estos resultados, avalan la detección (tentativa) de este isotopólogo de formiato de metilo en el barrido espectral de Orión KL con el telescopio de 30 m de IRAM.
- 80 características espectrales son compatibles con la detección de los isotopólogos  $^{18}\text{O}$  de formiato de metilo en nuestro barrido espectral de Orión KL. Esta observación junto al hecho de que ninguna línea buscada está ausente, del buen ajuste del modelo con los datos y a que las abundancias isotópicas obtenidas a través del análisis de estas 80 líneas son similares a las publicadas en estudios previos de esta misma fuente, nos lleva a la afirmación de la presencia de  $\text{HC}^{18}\text{OOCH}_3$  y  $\text{HCO}^{18}\text{OCH}_3$  en nuestro barrido espectral.

En la introducción previa a los artículos ya insistimos en la potencia de estos estudios para identificar gran cantidad de líneas procedentes de estas especies en espectros de muy diversas fuentes y en un amplio rango de longitudes de onda. En los artículos se muestra el ejemplo de la detección de estas especies en Orión KL, aportando, además, resultados físicos y químicos que amplían el conocimiento tanto para los modelos de la fuente como para los modelos de la química en regiones de formación de estrellas masivas.





# Capítulo 10

## Formamida: $\text{NH}_2\text{CHO}$

En este capítulo avanzaremos una parte del estado actual de nuestras colaboraciones con los grupos de espectroscopistas. Siguiendo la misma línea trazada en los cinco artículos presentados, en este momento estamos estudiando el primer estado vibracional de la molécula de formamida ( $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12}=1$ ). Mostraremos la detección del estado  $\nu_{12}=1$  de formamida en Orión KL, resultado que ha sido posible gracias al trabajo realizado en el laboratorio (medida y cálculo de las frecuencias de las transiciones de esta especie).

### 10.1 Motivaciones

La formamida es la molécula detectada en el espacio más simple con el grupo  $\text{NH}_2$  unido al grupo CO (ver Fig. 10.1), lo que se conoce como ligadura péptida que da lugar a la polimerización de los aminoácidos y, por tanto, a la química prebiótica. Además de lo interesante de esta molécula desde el punto de vista del origen de la vida,  $\text{NH}_2\text{CHO}$  es una molécula que aunque no tenga un espectro rotacional tan denso como las estudiadas anteriormente, sí se detecta en nuestro barrido espectral a través de una centena de líneas con intensidades de entre 0.1–3.0 K en  $T_{MB}$ . Más aún, al ser baja la energía requerida para la excitación de la molécula al primer estado vibracional, a una energía de  $288.8\text{ cm}^{-1}$ , se espera encontrar líneas de emisión que pertenezcan a este estado, limpiando así nuestro espectro de líneas sin identificar, aportando la primera detección en el espacio de este estado excitado y extendiendo el estudio físico y químico de Orión KL.

### 10.2 Aproximación histórica

Las investigaciones espectroscópicas de la formamida comenzaron en 1957 (Kurland & Bright Wilson, 1957) con el estudio del espectro de microondas del isotópologo principal y de varias de sus especies deuteradas. En posteriores publicaciones (Costain & Dowling, 1960; Hirota et al., 1974), los estudios se centraron en los isotópologos de la molécula con el ánimo de definir la estructura de la formamida, particularmente, si ésta era o no una molécula plana. Costain & Dowling (1960) a través de estudios espectroscópicos de diferentes especies deuteradas de formamida concluyeron que la molécula no era plana con el grupo  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}$  formando una pirámide achatada. El estudio de Hirota et al. (1974) del espectro de microondas de las especies  $^{13}\text{C}$  y  $^{18}\text{O}$  de  $\text{NH}_2\text{CHO}$  y la especie  $\text{ND}_2\text{CHO}$ , y compilando todos los datos disponibles hasta el momento, obtuvo una estructura plana para la formamida. El estudio más reciente (Demaision et al., 2007) confirma que la molécula se encuentra en un mismo plano.

En los primeros estudios de microondas (Kurland & Bright Wilson, 1957; Costain & Dowling, 1960) se hicieron las medidas de las frecuencias en un rango entre 16 GHz y 42 GHz. El interés por la molécula creció tras su primera detección en el espacio (en la región de formación de estrellas masivas del centro galáctico Sgr B2) por Rubin et al. (1971). En 1973 Kirchhoff & Johnson (1973), extendieron las medidas del espectro de microondas hasta 85 GHz. La falta de datos espectroscópicos en el rango de longitudes de onda del submilimétrico (sub-mm) motivó a Moskienko & Dyubko, (1991) y a Vorob'eva & Dyubko (1994) a realizar medidas

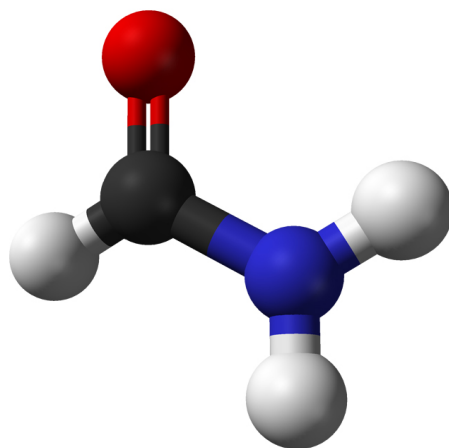


FIGURA 10.1: Estructura de la molécula de formamida. Las bolas blancas representan los átomos de hidrógeno, la negra el de carbono, la roja el de oxígeno y la azul el átomo de nitrógeno. Fuente: <http://commons.wikimedia.org/?title=File:Formamide-3D-balls.png>

entre 200 y 500 GHz. Como resultado, se mejoró sustancialmente los parámetros moleculares de  $\text{NH}_2\text{CHO}$  en el estado fundamental y en el primer estado excitado. Estudios posteriores son los que muestran datos más detallados para los estados vibracionales: McNaughton et al. (1999) y el último de Kryvda et al. (2009) donde se obtienen medidas directas de laboratorio del espectro rotacional de formamida en el estado fundamental y en los estados excitados  $\nu_{12}=1$ ,  $\nu_9=1$ ,  $\nu_{11}=1$  y  $\nu_{12}=2$  entre 85 y 200 GHz.

Desde la primera detección en el espacio en Sgr B2 (Rubin et al., 1971), la formamida se ha detectado en *núcleos calientes* en regiones de formación de estrellas masivas, como Sgr A, Orión KL, G34.26+0.1 ó G19.61-0.23 (Turner, 1991; Mookerjee et al., 2007; Qin et al., 2010) y en cometas (Bockelée-Morvan et al., 1997; Lis et al., 1997). El isotópulo  $^{13}\text{C}$  de  $\text{NH}_2\text{CHO}$  se detectó por primera vez a  $\lambda = 19$  cm, conjuntamente en SgrB2 y Sgr A, en 1980 por Gardner et al. (1980).

### 10.3 $\text{NH}_2\text{CHO}$ $\nu_{12} = 1$ en Orión KL

Recientemente, R. Motiyenco, L. Margulès y colaboradores, han realizado mediciones de las frecuencias en el laboratorio de  $\text{NH}_2\text{CHO}$ ,  $^{15}\text{NH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{NH}_2^{13}\text{CHO}$  y  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12} = 1$  hasta 950 GHz. Gracias a este trabajo, podemos detectar en nuestro barrido espectral (y por primera vez en el espacio) el primer estado vibracional de formamida.

La Tabla 10.1 muestra las líneas de  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12} = 1$  presentes en nuestro barrido espectral; en ella se reflejan las nuevas medidas de las frecuencias realizadas por el grupo de espectroscopía, las frecuencias e intensidades observadas en nuestro espectro y las intensidades obtenidas mediante el modelo realizado de la emisión (explicado más abajo). La frecuencia observada se muestra asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR (Sistema Local de Reposo) de  $7.5 \text{ km s}^{-1}$  (velocidad a la que aparecen las líneas características del “*ridge compacto*”). A pesar de que los niveles rotacionales de la formamida poseen estructura hiperfina debida al acoplamiento del momento eléctrico cuadrupolar del núcleo de nitrógeno con la distribución electrónica de carga, no se han considerado en esta detección ya que los

desdoblamientos están muy próximos en frecuencia en el rango en el que nos encontramos.

TABLA 10.1: LÍNEAS DE  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12} = 1$ .

Transición $J_{K_a, K_c}$	Frecuencia calc. (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ (K) observada	$T_{MB}$ (K) modelo
4 <sub>1,4</sub> -3 <sub>1,3</sub>	81682.74	428.3	3.75	<sup>1</sup>	...	...
4 <sub>0,4</sub> -3 <sub>0,3</sub>	84481.51	425.7	4.00	<sup>2</sup>	...	...
4 <sub>2,3</sub> -3 <sub>2,2</sub>	84741.66	437.4	3.00	<sup>3</sup>	...	...
4 <sub>3,2</sub> -3 <sub>3,1</sub>	84821.21	452.1	1.75	84822.6	0.011	0.005
4 <sub>3,1</sub> -3 <sub>3,0</sub>	84823.16	452.1	1.75	<sup>4</sup>	...	...
4 <sub>2,2</sub> -3 <sub>2,1</sub>	85021.46	437.5	3.00	85022.0	0.024	0.011
4 <sub>1,3</sub> -3 <sub>1,2</sub>	87728.81	429.0	3.75	87728.9	0.043	0.015
5 <sub>1,5</sub> -4 <sub>1,4</sub>	102051.89	433.2	4.80	102052.0	0.025	0.031
5 <sub>0,5</sub> -4 <sub>0,4</sub>	105392.40	430.7	5.00	105393.0	0.044	0.036
5 <sub>2,4</sub> -4 <sub>2,3</sub>	105890.63	442.5	4.20	105891.0	0.044	0.027
5 <sub>4,2</sub> -4 <sub>4,1</sub>	106023.11	477.7	1.80	106023.0	0.037	0.017
5 <sub>4,1</sub> -4 <sub>4,0</sub>	106023.13	477.7	1.80	<sup>4</sup>	...	...
5 <sub>3,3</sub> -4 <sub>3,2</sub>	106049.20	457.2	3.20	106050.0	0.019	0.017
5 <sub>3,2</sub> -4 <sub>3,1</sub>	106056.02	457.2	3.20	106056.5	0.025	0.019
5 <sub>2,3</sub> -4 <sub>2,2</sub>	106448.39	442.6	4.20	106449.5	0.037	0.028
5 <sub>1,4</sub> -4 <sub>1,3</sub>	109604.53	434.3	4.80	<sup>5</sup>	...	...
6 <sub>1,5</sub> -5 <sub>1,4</sub>	131440.80	440.6	5.83	131441.9 <sup>1</sup>	0.091	0.070
7 <sub>0,7</sub> -6 <sub>0,6</sub>	146786.16	443.8	6.99	146785.8 <sup>7</sup>	0.18	0.10
7 <sub>2,6</sub> -6 <sub>2,5</sub>	148110.98	455.7	6.43	<sup>8</sup>	...	...
7 <sub>6,1</sub> -6 <sub>6,0</sub>	148436.70	549.6	1.86	<sup>9</sup>	...	...
7 <sub>6,2</sub> -6 <sub>6,1</sub>	148436.70	549.6	1.86	<sup>4</sup>	...	...
7 <sub>5,3</sub> -6 <sub>5,2</sub>	148447.58	517.3	3.43	<sup>10</sup>	...	...
7 <sub>5,2</sub> -6 <sub>5,1</sub>	148447.58	517.3	3.43	<sup>4</sup>	...	...
7 <sub>4,4</sub> -6 <sub>4,3</sub>	148479.19	491.0	4.71	148478.8 <sup>10</sup>	0.15	0.091
7 <sub>4,3</sub> -6 <sub>4,2</sub>	148479.57	491.0	4.71	<sup>4</sup>	...	...
7 <sub>3,5</sub> -6 <sub>3,4</sub>	148546.28	470.4	5.71	<sup>11</sup>	...	...
7 <sub>3,4</sub> -6 <sub>3,3</sub>	148587.08	470.4	5.71	<sup>12</sup>	...	...
7 <sub>2,5</sub> -6 <sub>2,4</sub>	149649.30	455.9	6.43	149649.7	0.13	0.091
7 <sub>1,6</sub> -6 <sub>1,5</sub>	153227.92	447.9	6.85	153226.8 <sup>11</sup>	0.25	0.070
8 <sub>1,8</sub> -7 <sub>1,7</sub>	162945.38	453.7	7.87	162945.7	0.12	0.13
8 <sub>0,8</sub> -7 <sub>0,7</sub>	167233.53	451.9	7.98	167233.0	0.16	0.15
8 <sub>2,7</sub> -7 <sub>2,6</sub>	169172.83	463.8	7.50	<sup>10</sup>	...	...
8 <sub>7,1</sub> -7 <sub>7,0</sub>	169649.26	595.8	1.88	169649.7	0.12	0.019
8 <sub>7,2</sub> -7 <sub>7,1</sub>	169649.26	595.8	1.88	<sup>4</sup>	...	...
8 <sub>6,2</sub> -7 <sub>6,1</sub>	169654.15	557.7	3.50	169653.6	0.14	0.051
8 <sub>6,3</sub> -7 <sub>6,2</sub>	169654.15	557.7	3.50	<sup>4</sup>	...	...
8 <sub>5,4</sub> -7 <sub>5,3</sub>	169673.92	525.5	4.88	169674.6 <sup>13</sup>	0.30	0.092
8 <sub>5,3</sub> -7 <sub>5,2</sub>	169673.93	525.5	4.88	<sup>4</sup>	...	...
8 <sub>4,5</sub> -7 <sub>4,4</sub>	169723.79	499.1	6.00	<sup>14</sup>	...	...
8 <sub>4,4</sub> -7 <sub>4,3</sub>	169724.82	499.1	6.00	<sup>4</sup>	...	...
8 <sub>3,6</sub> -7 <sub>3,5</sub>	169816.46	478.6	6.87	169816.6	0.23	0.10
8 <sub>3,5</sub> -7 <sub>3,4</sub>	169897.86	478.6	6.87	<sup>15</sup>	...	...
8 <sub>2,6</sub> -7 <sub>2,5</sub>	171448.53	464.1	7.50	171449.3	0.19	0.13
8 <sub>1,7</sub> -7 <sub>1,6</sub>	174955.20	456.3	7.87	174955.8 <sup>16</sup>	0.31	0.15
10 <sub>1,10</sub> -9 <sub>1,9</sub>	203325.94	472.3	9.89	203325.1	0.16	0.22

Continúa en la siguiente página.

TABLA 10.1: LÍNEAS DE  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12} = 1$ .

Transición $J_{K_a, K_c}$	Frecuencia calc. (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ (K) observada	$T_{MB}$ (K) modelo
10 <sub>0,10</sub> -9 <sub>0,9</sub>	207598.30	470.8	9.97	<sup>17</sup>	...	...
10 <sub>2,9</sub> -9 <sub>2,8</sub>	211176.58	483.1	9.60	211177.6	0.14	0.21
10 <sub>8,2</sub> -9 <sub>8,1</sub>	212081.60	659.1	3.60	<sup>10</sup>	...	...
10 <sub>8,3</sub> -9 <sub>8,2</sub>	212081.60	659.1	3.60	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>7,3</sub> -9 <sub>7,2</sub>	212085.17	615.1	5.10	212087.6 <sup>10</sup>	0.12	0.065
10 <sub>7,4</sub> -9 <sub>7,3</sub>	212085.17	615.1	5.10	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>9,2</sub> -9 <sub>9,1</sub>	212088.01	708.8	1.90	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>9,1</sub> -9 <sub>9,0</sub>	212088.01	708.8	1.90	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>6,5</sub> -9 <sub>6,4</sub>	212104.28	577.1	6.40	212105.1 <sup>18</sup>	0.28	0.12
10 <sub>6,4</sub> -9 <sub>6,3</sub>	212104.28	577.1	6.40	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>5,6</sub> -9 <sub>5,5</sub>	212151.01	544.8	7.50	212152.6 <sup>19</sup>	0.45	0.19
10 <sub>5,5</sub> -9 <sub>5,4</sub>	212151.06	544.8	7.50	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>4,7</sub> -9 <sub>4,6</sub>	212253.57	518.5	8.40	<sup>20</sup>	...	...
10 <sub>4,6</sub> -9 <sub>4,5</sub>	212258.90	518.5	8.40	<sup>4</sup>	...	...
10 <sub>3,8</sub> -9 <sub>3,7</sub>	212395.88	498.0	9.10	212396.3	0.22	0.17
10 <sub>3,7</sub> -9 <sub>3,6</sub>	212649.64	498.0	9.10	212647.6 <sup>21</sup>	0.42	0.17
10 <sub>2,8</sub> -9 <sub>2,7</sub>	215449.20	483.7	9.60	215450.0 <sup>22</sup>	0.25	0.21
10 <sub>1,9</sub> -9 <sub>1,8</sub>	218181.67	476.2	9.89	218182.6	0.26	0.23
11 <sub>1,11</sub> -10 <sub>1,10</sub>	223445.71	483.0	10.9	223446.3 <sup>23</sup>	0.42	0.26
11 <sub>0,11</sub> -10 <sub>0,10</sub>	227532.36	481.8	11.0	227533.7 <sup>24</sup>	0.72	0.27
11 <sub>2,10</sub> -10 <sub>2,9</sub>	232109.57	494.3	10.6	232110.0 <sup>7</sup>	0.62	0.24
11 <sub>8,3</sub> -10 <sub>8,2</sub>	233299.54	670.3	5.18	233300.1 <sup>25</sup>	0.32	0.048
11 <sub>8,4</sub> -10 <sub>8,3</sub>	233299.54	670.3	5.18	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>9,2</sub> -10 <sub>9,1</sub>	233302.95	720.0	3.64	233304.0 <sup>26</sup>	0.24	0.022
11 <sub>9,3</sub> -10 <sub>9,2</sub>	233302.95	720.0	3.64	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>7,4</sub> -10 <sub>7,3</sub>	233308.80	626.3	6.55	233310.2 <sup>11</sup>	0.33	0.091
11 <sub>7,5</sub> -10 <sub>7,4</sub>	233308.80	626.3	6.55	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>10,1</sub> -10 <sub>10,0</sub>	233315.20	775.5	1.91	233315.2 <sup>11</sup>	0.21	0.007
11 <sub>10,1</sub> -10 <sub>10,0</sub>	233315.20	775.5	1.91	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>6,6</sub> -10 <sub>6,5</sub>	233338.17	588.3	7.73	233340.2 <sup>19</sup>	0.19	0.15
11 <sub>6,5</sub> -10 <sub>6,4</sub>	233338.17	588.3	7.73	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>5,7</sub> -10 <sub>5,6</sub>	233403.69	556.0	8.73	233395.2 <sup>27</sup>	0.62	0.23
11 <sub>5,6</sub> -10 <sub>5,5</sub>	233403.82	556.0	8.73	<sup>4</sup>	...	...
11 <sub>4,8</sub> -10 <sub>4,7</sub>	233541.37	529.7	9.55	233545.3 <sup>28</sup>	0.53	0.16
11 <sub>4,7</sub> -10 <sub>4,6</sub>	233552.01	529.7	9.55	233552.7 <sup>10</sup>	0.40	0.16
11 <sub>3,9</sub> -10 <sub>3,8</sub>	233700.50	509.2	10.2	233701.4	0.52	0.20
11 <sub>3,8</sub> -10 <sub>3,7</sub>	234110.23	509.2	10.2	234112.3 <sup>11</sup>	0.61	0.21
11 <sub>2,9</sub> -10 <sub>2,8</sub>	237623.00	495.2	10.6	<sup>15</sup>	...	...
11 <sub>1,10</sub> -10 <sub>1,9</sub>	239653.46	487.7	10.9	239655.0 <sup>29</sup>	0.41	0.28
12 <sub>1,12</sub> -11 <sub>1,11</sub>	243518.12	494.7	11.9	<sup>30</sup>	...	...
12 <sub>0,12</sub> -11 <sub>0,11</sub>	247327.32	493.6	12.0	247327.7	0.40	0.30
12 <sub>2,11</sub> -11 <sub>2,10</sub>	252990.99	506.4	11.7	252991.2 <sup>10</sup>	0.72	0.27
12 <sub>9,3</sub> -11 <sub>9,2</sub>	254519.63	732.2	5.25	<sup>31</sup>	...	...
12 <sub>9,4</sub> -11 <sub>9,3</sub>	254519.63	732.2	5.25	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>8,4</sub> -11 <sub>8,3</sub>	254520.26	682.5	6.67	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>8,5</sub> -11 <sub>8,4</sub>	254520.26	682.5	6.67	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>10,2</sub> -11 <sub>10,1</sub>	254529.91	787.7	3.67	<sup>10</sup>	...	...
12 <sub>10,3</sub> -11 <sub>10,2</sub>	254529.91	787.7	3.67	<sup>4</sup>	...	...

Continúa en la siguiente página.

TABLA 10.1: LÍNEAS DE  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12} = 1$ .

Transición $J_{K_a,K_c}$	Frecuencia calc. (MHz)	$E_u$ (K)	$S_{ij}$	Frecuencia obs. (MHz)	$T_{MB}$ (K) observada	$T_{MB}$ (K) modelo
12 <sub>7,5</sub> -11 <sub>7,4</sub>	254536.75	638.6	7.92	<sup>32</sup>	...	...
12 <sub>7,6</sub> -11 <sub>7,5</sub>	254536.75	638.6	7.92	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>7,5</sub> -11 <sub>7,4</sub>	254536.75	638.6	7.92	<sup>32</sup>	...	...
12 <sub>11,1</sub> -11 <sub>11,0</sub>	254548.28	849.1	1.92	<sup>32</sup>	...	...
12 <sub>11,2</sub> -11 <sub>11,1</sub>	254548.28	849.1	1.92	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>6,7</sub> -11 <sub>6,6</sub>	254578.76	600.5	9.00	<sup>32</sup>	...	...
12 <sub>6,6</sub> -11 <sub>6,5</sub>	254578.76	600.5	9.00	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>5,8</sub> -11 <sub>5,7</sub>	254667.08	568.3	9.92	<sup>6</sup>	...	...
12 <sub>5,7</sub> -11 <sub>5,6</sub>	254667.39	568.3	9.92	<sup>4</sup>	...	...
12 <sub>4,9</sub> -11 <sub>4,8</sub>	254845.87	541.9	10.7	<sup>33</sup>	...	...
12 <sub>4,8</sub> -11 <sub>4,7</sub>	254865.75	541.9	10.7	254866.2	0.28	0.18
12 <sub>3,10</sub> -11 <sub>3,9</sub>	255010.36	521.4	11.2	255011.4	0.30	0.23
12 <sub>3,9</sub> -11 <sub>3,8</sub>	255642.37	521.4	11.2	<sup>34</sup>	...	...
12 <sub>2,10</sub> -11 <sub>2,9</sub>	259878.29	507.6	11.7	<sup>28</sup>	...	...
12 <sub>1,11</sub> -11 <sub>1,10</sub>	261010.66	500.3	11.9	261010.2 <sup>10</sup>	0.54	0.31
13 <sub>1,13</sub> -12 <sub>1,12</sub>	263544.02	507.3	12.9	<sup>35</sup>	...	...
13 <sub>0,13</sub> -12 <sub>0,12</sub>	267010.81	506.4	12.9	267012.1	0.40	0.33
13 <sub>2,12</sub> -12 <sub>2,11</sub>	273816.96	519.5	12.7	273817.1	0.48	0.30
13 <sub>9,4</sub> -12 <sub>9,3</sub>	275738.22	745.4	6.77	<sup>15</sup>	...	...
13 <sub>9,5</sub> -12 <sub>9,4</sub>	275738.22	745.4	6.77	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>8,5</sub> -12 <sub>8,4</sub>	275744.01	695.7	8.08	<sup>15</sup>	...	...
13 <sub>8,6</sub> -12 <sub>8,5</sub>	275744.01	695.7	8.08	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>10,3</sub> -12 <sub>10,2</sub>	275745.71	801.0	5.31	<sup>15</sup>	...	...
13 <sub>10,4</sub> -12 <sub>10,3</sub>	275745.71	801.0	5.31	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>11,2</sub> -12 <sub>11,1</sub>	275762.94	862.3	3.69	<sup>36</sup>	...	...
13 <sub>11,3</sub> -12 <sub>11,2</sub>	275762.94	862.3	3.69	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>7,6</sub> -12 <sub>7,5</sub>	275769.39	651.8	9.23	<sup>37</sup>	...	...
13 <sub>7,7</sub> -12 <sub>7,6</sub>	275769.39	651.8	9.23	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>12,1</sub> -12 <sub>12,0</sub>	275787.77	929.4	1.92	<sup>37</sup>	...	...
13 <sub>12,2</sub> -12 <sub>12,1</sub>	275787.77	929.4	1.92	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>6,8</sub> -12 <sub>6,7</sub>	275826.65	613.7	10.2	<sup>38</sup>	...	...
13 <sub>6,7</sub> -12 <sub>6,6</sub>	275826.66	613.7	10.2	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>5,9</sub> -12 <sub>5,8</sub>	275942.13	581.5	11.1	275942.1	0.27	0.29
13 <sub>5,8</sub> -12 <sub>5,7</sub>	275942.78	581.5	11.1	<sup>4</sup>	...	...
13 <sub>4,10</sub> -12 <sub>4,9</sub>	276167.82	555.2	11.8	<sup>39</sup>	...	...
13 <sub>4,9</sub> -12 <sub>4,8</sub>	276203.04	555.2	11.8	<sup>40</sup>	...	...
13 <sub>3,11</sub> -12 <sub>3,10</sub>	276320.81	534.7	12.3	<sup>41</sup>	...	...
13 <sub>3,10</sub> -12 <sub>3,9</sub>	277258.54	534.8	12.3	277259.9	0.34	0.26

**Nota.-** Líneas de emisión de  $\text{NH}_2\text{CHO}$   $\nu_{12}=1$  presentes en el barrido espectral de Orión KL. La columna 1 indica la transición de la línea, Col. 2 frecuencia en reposo (calculada) de la transición, Col. 3 la energía del nivel superior, Col. 4 la fuerza de línea, Col. 5 frecuencias observadas asumiendo una velocidad radial con respecto al LSR de 7.5 km s<sup>-1</sup>, Col. 6 la intensidad de la línea en temperatura del haz principal (main beam) en el pico y Col. 7 la intensidad de la línea dada por el modelo (ver texto) en temperatura del haz principal (main beam).

(1) Solapada con t-CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH. (2) Solapada con c-C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O. (3) Solapada con CH<sub>3</sub>OH y <sup>30</sup>SiO. (4) Solapada con la anterior. (5) Solapada con HC<sub>3</sub>N  $\nu_7=1$ . (6) Solapada con CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN tipo b. (7) Solapada con CH<sub>3</sub><sup>13</sup>CH<sub>2</sub>CN.

(8) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OH}$ . (9) Solapada con  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ . (10) Solapada con una línea sin identificar. (11) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCOH}$ . (12) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCOH}$  y  $^{13}\text{CH}_3\text{OCOH}$ . (13) Solapada con  $^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . (14) Solapada con  $\text{O}^{13}\text{CS}$ . (15) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ . (16) Espectro ruidoso debido a la proximidad de la línea atmosférica de agua a 183 GHz. (17) Solapada con  $\text{CH}_2\text{CHCN}$ . (18) Solapada con  $\text{H}^{13}\text{CCCN } \nu_7=1^-$ . (19) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . (20) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CHO}$  and  $\text{NH}_2\text{CHO}$ . (21) Solapada con  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$  y  $\text{HDCS}$ . (22) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  torsión fuera del plano. (23) Solapada con el ala azul de una línea de  $\text{SO}_2$ . (24) Solapada con las alas de varias moléculas, entre ellas  $\text{CH}_3\text{OCOH}$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ . (25) Solapada con  $^{34}\text{SO}_2$ . (26) Solapada con  $\text{CH}_3\text{O}^{13}\text{COH}$ . (27) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCOH}$  y  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  torsión en el plano. (28) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  torsión en el plano. (29) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCOD}$ . (30) Solapada con  $\text{NH}_2\text{CHO}$  y  $\text{SO}_2 \nu_2=1$ . (31) Solapada con  $^{33}\text{SO}_2$ . (32) Solapada con  $\text{SO}$ . (33) Solapada con  $\text{CH}_3\text{OCOH}$  y  $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ . (34) Solapada con  $\text{H}^{13}\text{CCCN}$  y  $^{33}\text{SO}$ . (35) Solapada con  $\text{NH}_2\text{CHO}$  y  $\text{SO}_2$ . (36) Solapada con  $\text{CH}_3^{13}\text{CN}$ . (36) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CN}$  y  $\text{CH}_3^{13}\text{CN}$ . (38) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CN}$ . (39) Solapada con  $\text{NH}_2\text{CHO}$ . (40) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CN } \nu_8=1$ . (41) Solapada con  $\text{CH}_3\text{CN } \nu_8=1$  y  $\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11}=1$ .

La Fig. 10.2 muestra líneas seleccionadas de  $\text{NH}_2\text{CHO } \nu_{12} = 1$  presentes en el barrido espectral que no estén muy contaminadas por la emisión de otras especies junto con el espectro sintético de la molécula que nos ocupa dado por el modelo (ver siguiente párrafo para la explicación del mismo).

Para reproducir el perfil de las débiles líneas detectadas de formamida en su estado vibracional  $\nu_{12} = 1$  nos basta con considerar que la emisión proviene de la componente del “*ridge*” compacto. Hemos fijado los siguientes parámetros físicos para esta componente: diámetro de la fuente 15”, posición con respecto a IRc2 (posición de apuntado) 7”, densidad de hidrógeno  $1 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ , temperatura cinética 110 K, velocidad radial  $7.5 \text{ km s}^{-1}$  y anchura de línea de  $3 \text{ km s}^{-1}$ . En el código de transporte de radiación de J. Cernicharo ampliamente descrito y citado en esta tesis, hemos introducido dichos parámetros (junto con el diámetro del telescopio, que nos calcula la dilución para cada frecuencia), y a continuación, variábamos la densidad de columna hasta conseguir reproducir con un cierto grado de precisión las líneas observadas. El cálculo del transporte de radiación se ha hecho asumiendo la aproximación ETL. La densidad de columna que nos da un mejor ajuste entre observaciones y espectro sintético es  $4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ .

Además del interés de la detección de una nueva especie en el medio interestelar, los resultados obtenidos amplían el conocimiento de la región de Orión KL. A medida que aparecen nuevas distinciones entre las componentes del “*ridge*” compacto y del *núcleo caliente* puede concretarse más aún los distintos tipos de química en las regiones de formación estelar y los mecanismos que dan lugar a dichas distinciones. En este momento, un estudio completo de toda la familia de la molécula de formamida junto con otras moléculas que contengan similitudes químicas puede realizarse gracias a la precisión de las frecuencias dadas por los espectroscopistas.

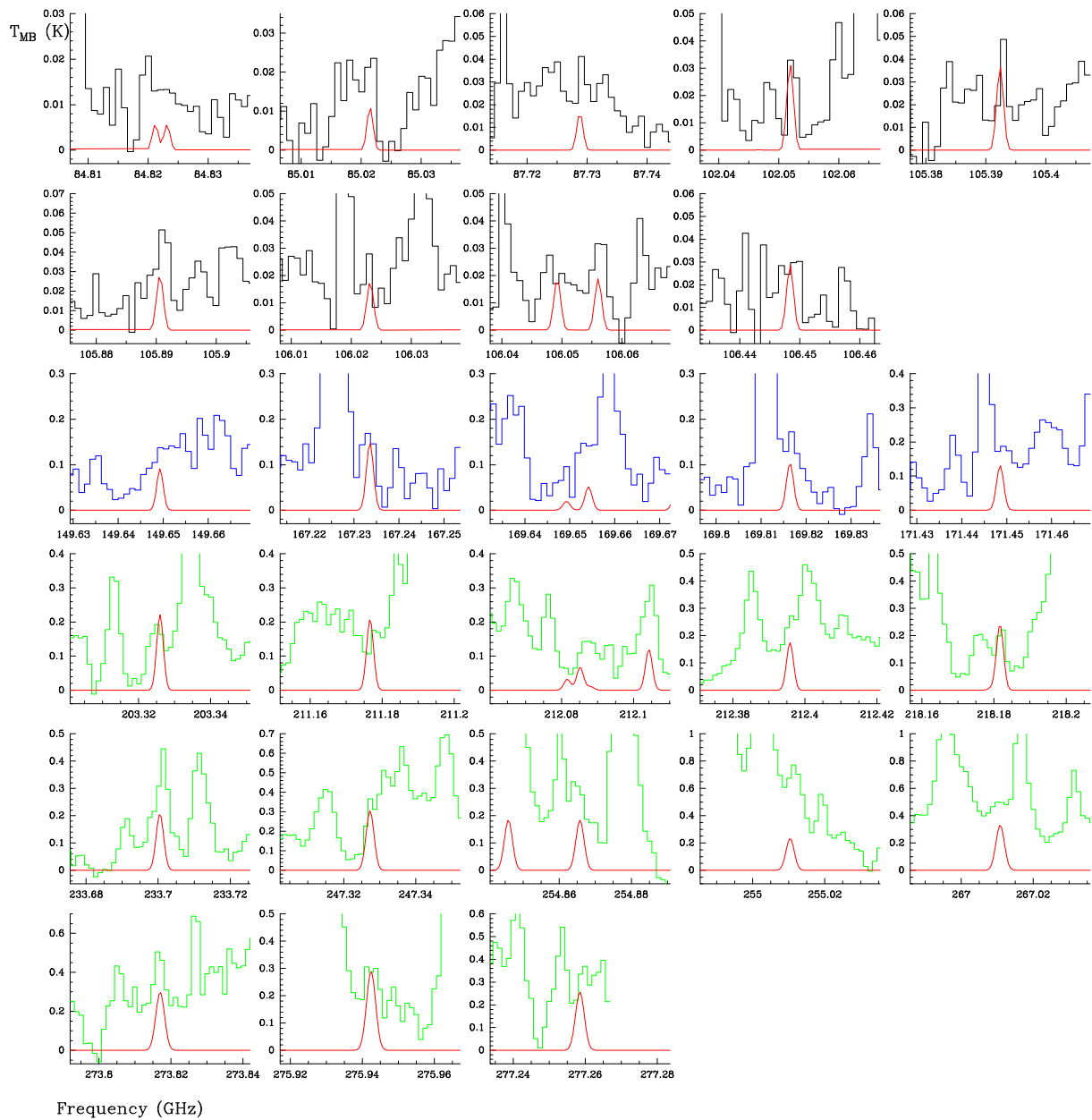


FIGURA 10.2: Líneas de emisión de  $\text{NH}_2\text{CHO } \nu_{12} = 1$  presentes en barrido espectral de Orión KL (negro 3 mm, azul 2 mm y verde 1.3 mm) junto con el espectro sintético obtenido a través de nuestro modelo (en rojo).





## IV

### RESULTADOS GLOBALES, CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS



# Capítulo 11

## Resultados globales

Este capítulo lo dedicaremos a señalar el estado actual de nuestro barrido espectral de Orión KL. Se mostrarán las moléculas detectadas, las especies que potencialmente podrían ser identificadas para las cuales tenemos algunas coincidencias con líneas U en el barrido espectral y que requieren un trabajo más detallado, las especies que tenemos aún que detectar dado que los modelos de química las predicen como moléculas abundantes, las características espectrales analizadas y las que aún no lo han sido y el número actual de líneas sin identificar. La detección de nuevas especies requiere un análisis todavía más profundo de nuestros datos. Todavía quedan por identificar los modos vibracionalmente excitados con energías de hasta 3 000 K de especies como CO, HCN, SO, SO<sub>2</sub>, HCO<sup>+</sup>, HNC, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN, CH<sub>2</sub>CHCN, CH<sub>3</sub>COOH, CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>, etc. Esta tarea será, sin lugar a dudas, materia para otra tesis doctoral donde la información que se obtenga en los laboratorios de espectroscopía molecular en los próximos años será esencial. Para finalizar el capítulo, resumiremos las aportaciones al conocimiento de las condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas que este estudio nos ha proporcionado.

### 11.1 Características espectrales e identificaciones

En las Tablas 11.1, 11.2 y 11.3 mostramos todas las características espectrales que han sido analizadas hasta la fecha con sus correspondientes identificaciones. Las tablas están ordenadas en orden creciente de frecuencias. Todas aquellas características espectrales que cubran más de 3–4 canales en nuestro espectrógrafo y con una intensidad mayor de unos 0.02 K en temperatura del haz principal está por encima de  $3\sigma$  y es considerada en nuestro estudio. Como se ha apuntado en la *Parte II* de esta tesis, muchas de las características por debajo de 0.1 en temperatura de antena aún no han sido sistemáticamente analizadas. El motivo es la tremenda cantidad de características espectrales que contienen los datos; en las tablas que mostramos a continuación sólo mostramos las líneas con  $T_A < 0.1$  en el rango de longitudes de onda de 3 mm y las líneas con  $T_A < 0.1$  que corresponden a moléculas que ya han sido analizadas en este barrido espectral (todavía queda mucho trabajo por hacer, entre el que se encuentra ir buscando las líneas de todas las transiciones, teniendo en consideración su energía y su fuerza de línea, que aparecen de cada molécula detectada). Por ejemplo, además de las moléculas que han sido publicadas, todas las líneas de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN, sus isotopólogos y sus estados vibracionales que aparecen en nuestro barrido espectral ya han sido identificadas; sin embargo, para el dimetil éter (CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>) mostramos multitud de características espectrales que corresponden a esta molécula pero aún no hemos buscado todas las transiciones que son susceptibles de ser identificadas en nuestro barrido espectral. Por este motivo, el número de características espectrales identificadas en este barrido espectral aún puede crecer considerablemente.

Las tablas que aquí mostramos pueden considerarse un catálogo de la emisión molecular en esta fuente. Debido a la ingente cantidad de líneas no hemos mostrado la transición de la molécula identificada: en muchas ocasiones se solapan varias transiciones de la misma especie (por ejemplo esto ocurre a menudo con el cianuro de etilo) o distintos estados de simetría de una molécula (como con el dimetil éter). Para esta información remitimos al lector a los estudios que hemos realizado y estamos completando en la actualidad de cada molécula o familia de moléculas por separado, de otro modo las siguientes tablas no hubieran cabido en 100 páginas. Aquí proporcionamos la frecuencia observada (asumiendo una velocidad con respecto al Sistema

Local de Reposo (LSR) de  $9 \text{ km s}^{-1}$ ) y la temperatura de antena de la característica espectral (tomando temperatura del canal con mayor intensidad) como referencia.

En estas tablas se muestran un total de 15 137 características espectrales (2 430 en el rango de 3 mm, 4 514 en el 2 mm y 8 193 en el 1.3 mm) de las cuales 4 632 han sido etiquetadas como U (sin identificar).

Disfrute el lector de las tablas y en la siguiente sección hablaremos de las detecciones, de las líneas que han sido asignadas a especies que no consideramos detectadas y del porcentaje estimado de líneas U que consideramos pertenecientes a especies que aún no han sido buscadas pero que tenemos la certeza de que se encuentran en este barrido espectral.

TABLA 11.1: BARRIDO ESPECTRAL DE ORIÓN KL: 3 MM

Frekuensi obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frekuensi obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frekuensi obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frekuensi obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
79749.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	81262.5	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82966.5	0.04	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	84780.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
79756.5	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	81276.5	0.03	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	83004.6	0.03	U	84808.5	0.08	NH <sub>2</sub> CHO
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	81314.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	83026.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	84823.0	0.01	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
79759.5	0.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	81318.5	0.04	CH <sub>3</sub> OH	83044.5	0.90	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	84844.5	<0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
79762.5	0.02	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	81320.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	83058.5	0.32	OC <sup>34</sup> S	84865.5	0.14	O <sup>13</sup> CS
79782.5	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sub>2</sub> C <sup>13</sup> O	83064.5	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	84889.5	0.06	NH <sub>2</sub> CHO
79784.5	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>	81362.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	83073.5	0.04	U			OCS $\nu_3 = 1$
79799.5	<0.01	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	81370.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	83075.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	84891.5	0.05	NH <sub>2</sub> CHO
79821.4	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	81380.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	83099.5	0.85	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	84898.5	0.04	U
79827.5	0.01	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	81392.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	83121.5	0.17	CH <sub>3</sub> OH	84918.0	0.09	H <sup>+</sup> 60 $\gamma$
79841.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	81394.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83173.9	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	84930.4	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
79849.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	81413.5	0.04	NCO	83177.5	0.07	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	84942.5	0.02	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
79865.6	0.02	<sup>18</sup> OCS	81420.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	83188.5	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	84947.4	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN
79876.5	0.07	HC <sub>3</sub> N	81436.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	83208.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN	84964.5	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
79916.6	0.71	H <sup>+</sup> 43 $\alpha$	81451.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	83315.5	0.04	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	84970.5	0.55	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
79926.5	0.08	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	81454.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	85016.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
79948.5	0.09	He <sup>+</sup> 43 $\alpha$	81470.5	0.09	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	83321.5	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	85034.4	0.01	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
79999.5	0.04	U	81472.5	0.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	83323.5	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	85038.5	0.01	U
80076.5	0.18	H <sub>2</sub> CCO	81505.5	0.05	CCS	83327.5	0.01	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	85062.5	0.02	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
80082.5	<0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	81518.6	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	83342.5	0.10	U	85076.5	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
80109.5	0.03	CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN	81520.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83345.5	0.07	U	85093.5	0.07	NH <sub>2</sub> CHO
80118.5	0.05	HDCO	81534.5	0.14	HC <sup>13</sup> CCN	83347.5	0.06	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	85112.5	0.01	U
80148.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	81538.5	0.06	U	83350.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	85114.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>
80172.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	81542.5	0.14	HCC <sup>13</sup> CN	83394.5	0.04	U	85120.5	0.07	U
80207.5	0.06	U	81586.5	0.22	H <sub>2</sub> CCO	83400.5	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	85127.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>
80210.5	0.09	H <sup>+</sup> 67 $\delta$			DNCO	83417.5	0.05	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	85130.5	0.01	U
80233.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	81653.5	0.60	CH <sub>3</sub> OH	83445.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	85139.5	3.71	OCS
		U	81683.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	83450.5	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	85154.5	0.01	D <sub>2</sub> CS
80258.5	0.04	U	81694.5	0.07	NH <sub>2</sub> CHO	83541.5	0.01	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	85157.5	0.05	U
80260.5	0.05	U	81748.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	83569.5	0.02	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	85162.5	0.05	HC <sup>18</sup> O <sup>+</sup>
80264.5	0.04	U	81759.5	0.05	U	83585.5	0.22	H <sup>+</sup> 53 $\beta$	85169.5	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
80266.5	0.05	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	81761.5	0.05	U			Si <sup>17</sup> O	85186.5	0.10	U
80271.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	81766.5	0.05	U	83605.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	85193.5	0.01	U
80303.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	81789.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83608.5	0.04	U	85201.5	0.11	HC <sub>3</sub> N
80305.5	0.02	U	81808.5	0.01	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83612.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	85205.5	0.08	U
80370.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	81814.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83619.5	0.03	He <sup>+</sup> 53 $\beta$	85208.5	0.08	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
80395.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	81828.5	0.04	U	83638.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	85224.5	0.02	<sup>33</sup> SO
80405.5	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	81833.4	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83662.5	0.05	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	85238.5	0.07	U
80433.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	81838.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83688.5	11.0	SO <sub>2</sub>	85242.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
80442.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	81847.4	0.04	U	83728.5	0.10	H <sup>13</sup> C <sup>15</sup> N			OCS $\nu_2 = 1$
80448.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	81858.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			DCOOCH <sub>3</sub>	85248.5	0.03	SO <sub>2</sub>
80471.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	81881.5	5.49	HCCCN	83792.6	0.04	CH <sub>3</sub> OH	85265.5	0.06	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
80482.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	81891.5	0.05	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	83803.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	85278.5	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
80536.5	0.41	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			DCOOCH <sub>3</sub>	83805.5	0.08	H <sup>+</sup> 66 $\delta$	85286.5	0.05	U
80538.5	0.41	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	81935.5	0.05	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	83815.5	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	85303.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN
80541.5	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	81949.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83888.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85327.5	0.11	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
80549.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82008.5	0.03	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85331.5	0.07	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
80554.5	0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82011.5	0.05	U	83903.5	0.04	CH <sub>3</sub> OD			OCS $\nu_2 = 1$
80565.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	82016.5	0.06	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	83910.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	85339.5	0.19	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>
80572.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	82070.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	83940.5	<0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	85347.5	0.13	HCS <sup>+</sup>
80578.5	2.95	HDO	82083.5	0.62	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	83954.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	85355.5	0.02	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
80593.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	83961.4	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	85361.5	0.07	U
80605.5	1.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82093.5	0.04	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	83970.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	85368.5	0.04	U
80615.4	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82101.5	0.05	HNCS			U	85372.5	0.10	U
80620.5	1.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82103.5	0.04	U	83984.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85383.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
80632.5	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	82116.5	0.04	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85390.5	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82125.5	0.32	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	84002.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	85392.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
80651.0	0.70	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	82136.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			DCOOCH <sub>3</sub>	85417.6	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	82201.5	0.62	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	84030.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	85420.5	0.26	CH <sub>2</sub> CHCN
		HCOOCH <sub>3</sub>	82243.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	84038.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CCH
80659.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	84050.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	85427.6	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN
80668.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82278.5	0.05	U	84067.5	0.09	OC <sup>34</sup> S	85431.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	82284.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	84090.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CCH
80678.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82308.4	0.04	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	84141.5	0.05	U	85435.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN
80683.5	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	84153.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	85442.5	0.23	CH <sub>3</sub> CCH
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82380.5	0.03	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	84159.5	0.02	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	85448.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN
80701.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82389.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	84167.5	0.01	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85450.5	0.29	CH <sub>3</sub> CCH
80705.5	0.23	Si <sup>18</sup> O	82401.5	0.19	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	84170.5	0.02	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	85455.5	0.46	CH <sub>3</sub> CCH
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82410.5	0.08	SO <sub>2</sub>	84190.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85457.5	0.54	CH <sub>3</sub> CCH
80716.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	82459.5	1.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	84220.5	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	85469.5	0.04	CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	84225.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	85506.5	0.09	U
80725.5	0.10	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	82501.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	84233.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	85529.5	0.01	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82506.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	84271.5	0.02	U	85534.5	0.01	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
80738.5	<0.01	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	84274.5	0.01	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	85538.5	<0.01	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
80748.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	82518.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	84283.5	0.21	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	85544.4	0.01	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	82523.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	84321.5	0.25	SO <sub>2</sub>			

Barrido espectral de Orión KL: 3 mm															
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
85762.4	1.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	87094.4	0.11	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	88721.5	0.16	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	89950.5	0.06	HCOOH				
		HCOOCH <sub>3</sub>	87115.4	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	88723.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	89991.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
85769.4	0.08	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			U	88754.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90008.5	0.03	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				
85773.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	87133.4	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	88759.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90038.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$				
85781.3	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	87143.4	0.69	HCOOCH <sub>3</sub>	88771.5	0.19	U	90079.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN				
85785.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	87161.4	0.71	HCOOCH <sub>3</sub>	88812.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	90118.0	0.06	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				
85802.4	0.03	HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	87200.3	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	88819.5	0.03	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	90146.5	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>				
		U	87212.4	0.06	CH <sub>2</sub> DCN	88826.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	90156.5	0.79	HCOOCH <sub>3</sub>				
85807.4	0.03	HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	87218.4	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	88839.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	90164.5	0.09	HCOOH				
85812.4	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	87241.4	0.13	CH <sub>3</sub> OH	88843.5	0.87	HCOOCH <sub>3</sub>	90171.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
		U	87281.4	0.04	U	88851.5	0.61	HCOOCH <sub>3</sub>	90178.6	0.06	H <sup>+</sup> 69c				
85830.4	0.03	U	87284.4	0.09	CCH	88856.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90204.5	0.08	U				
85832.4	0.03	U	87314.4	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN	88862.5	0.19	U	90229.5	0.81	HCOOCH <sub>3</sub>				
85858.3	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	87317.4	0.77	CCH	88865.5	0.03	H <sup>15</sup> NC	90262.5	0.21	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				
85878.3	0.02	U	87328.3	0.39	CCH	88884.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	90295.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
85919.3	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	87338.4	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	88886.5	0.04	U	90351.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
		HCOOCH <sub>3</sub>	87340.4	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	88896.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90368.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$				
85927.4	1.18	HCOOCH <sub>3</sub>	87363.4	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	88915.5	<0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			CH <sub>3</sub> OD				
		NH <sub>2</sub> D	87387.4	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	88940.5	1.90	CH <sub>3</sub> OH	90384.5	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				
85939.4	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	87390.4	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	88969.5	0.05	U	90420.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
85973.3	0.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	87402.3	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	88991.5	0.04	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	90434.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
85976.3	0.19	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CCH	88998.5	0.14	U	90454.5	1.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
85979.4	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	87405.4	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	89010.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90465.5	0.05	U				
85988.4	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	87407.4	0.23	CCH	89028.1	0.01	U	90518.0	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$				
86021.3	0.44	HCOOCH <sub>3</sub>	87411.4	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	89061.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	90526.0	0.07	HC <sub>3</sub> N				
86028.3	0.43	HCOOCH <sub>3</sub>	87419.4	0.04	U	89065.5	0.05	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	90532.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
86030.3	0.64	HCOOCH <sub>3</sub>	87435.4	0.04	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	89081.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	90538.5	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86034.4	0.15	U	87446.4	0.10	CCH	89088.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	90549.5	1.16	SO <sub>2</sub>				
86055.4	3.20	HC <sup>15</sup> N	87487.4	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	89101.5	0.01	<sup>29</sup> SiS	90593.5	0.18	HC <sup>13</sup> CCN				
86094.4	11.7	SO	87498.4	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	89117.5	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90602.5	0.17	HCC <sup>13</sup> CN				
86112.3	0.06	CH <sub>3</sub> OH	87509.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	89122.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90633.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$				
86151.3	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	87552.3	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>	89124.5	0.06	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	90663.4	6.90	HNC				
86155.4	0.16	SO <sub>2</sub>	87575.4	0.02	c-C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	89131.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	90686.5	0.04	CCS				
86166.4	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	87580.4	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	89140.5	0.17	U	90690.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86168.4	0.02	U	87598.4	0.73	HNCO	89143.5	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90769.5	0.22	SiS				
86173.4	0.15	U	87607.3	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	89156.5	0.04	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	90813.5	0.22	CH <sub>3</sub> OH $\nu_l = 1$				
86181.3	0.06	CCS	87618.4	0.07	H <sup>+</sup> 65d	89188.6	13.9	HCO <sup>+</sup>	90842.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86210.4	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>	87662.4	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	89212.5	0.11	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	90862.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				
86224.4	1.03	HCOOCH <sub>3</sub>	87705.4	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	89218.5	0.12	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	90889.5	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	87716.4	0.07	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	89237.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90892.5	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86227.3	0.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	87729.4	0.04	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	89251.5	0.05	CH <sub>2</sub> DOH	90895.5	0.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86229.4	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	87754.5	0.02	SO <sup>18</sup> O	89261.5	0.02	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	90926.5	0.05	<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S				
86242.3	57.3	SiO $\nu = 1$	87766.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	89266.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	90938.5	1.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86247.4	87.6	SiO $\nu = 1$	87769.5	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	89275.5	0.04	CH <sub>2</sub> DOH	90965.4	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86266.4	0.65	HCOOCH <sub>3</sub>	87797.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	89298.5	0.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	90979.5	6.55	HCCCN				
86269.4	0.61	HCOOCH <sub>3</sub>	87800.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	89305.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	91005.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86280.3	0.03	U	87815.6	<0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	89316.5	0.85	HCOOCH <sub>3</sub>	91008.5	0.02	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				
86290.3	0.05	U	87849.5	0.12	NH <sub>2</sub> CHO			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
86304.4	0.04	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	87863.5	0.07	HC <sub>3</sub> N	89325.5	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	91019.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
86325.4	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	87867.5	0.12	HNCO	89331.5	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	91038.5	0.05	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$				
86340.3	8.16	H <sup>13</sup> CN	87877.5	0.03	S <sup>18</sup> O	89341.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	91090.5	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				
86382.4	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	87899.5	0.50	HNCO	89349.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	91129.5	0.12	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$				
86387.4	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	87916.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	89355.5	0.05	CH <sub>3</sub> OD	91140.5	0.04	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN				
86399.4	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	87925.5	1.95	HNCO	89369.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	91169.4	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86418.3	0.08	U			SO <sub>2</sub>	89408.5	0.05	CH <sub>2</sub> DOH	91171.6	0.03	HDCS				
86424.4	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	87948.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	89416.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	91175.5	0.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	87960.5	0.19	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	91185.5	0.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86439.4	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	87963.5	0.06	HDO	89466.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	91203.5	0.91	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$				
86458.4	0.07	CH <sub>2</sub> DCN	88054.5	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	89487.5	0.02	HOC <sup>+</sup>			HC <sub>3</sub> N $\nu_8 = 1$				
86473.4	0.06	U	88073.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>	89497.5	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	91223.6	0.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86486.3	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	88088.5	0.05	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	89506.5	2.49	CH <sub>3</sub> OH	91231.5	0.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86510.4	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	88116.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	89517.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	91239.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
		CH <sub>3</sub> OD	88153.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	89563.5	1.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	91241.5	0.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				
86526.4	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	88167.4	0.16	H <sup>13</sup> CCCN	89566.5	1.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	91252.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				
86529.4	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	88175.6	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH $\nu_l = 1$	91255.5	0.03	CH <sub>3</sub> OH				
86537.3	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	88180.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	89569.5	1.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	91275.5	0.02	<sup>13</sup> OCS				
86546.3	0.12	HCOOH	88183.5	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH $\nu_l = 1$	91292.5	0.06	U				
86590.4	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	88202.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	91334.5	0.91	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$				

Barrido espectral de Orión KL: 3 mm													
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
91914.5	0.07	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	93666.5	0.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95180.5	0.04	U	96260.5	0.03	U	
91926.5	0.19	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	93668.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95191.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	96262.5	0.04	U	
91935.5	0.17	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95198.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	96269.5	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
91941.5	0.31	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	93671.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>		95209.5	0.37	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	96274.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO	
91959.5	1.63	CH <sub>3</sub> CN	93701.6	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>				CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	96289.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
91971.5	4.97	CH <sub>3</sub> CN	93741.5	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		95220.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	96295.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	
91980.5	4.94	CH <sub>3</sub> CN	93756.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95224.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	96302.5	0.07	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
91987.5	7.50	CH <sub>3</sub> CN	93779.5	0.10	H <sup>+</sup> 58 $\gamma$		95233.5	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			<sup>36</sup> SO	
92000.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	93812.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95242.5	0.22	U	96319.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
92038.5	0.62	H <sup>+</sup> 41 $\alpha$	93831.5	0.06	U		95248.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	96325.5	0.01	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
92074.5	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	93848.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95268.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>	96330.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	
92176.5	0.33	U	93854.5	0.32	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>		95273.5	0.21	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	96335.5	0.06	U	
92219.5	0.03	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95326.5	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN	96349.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
92235.5	0.13	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	93857.5	0.54	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95340.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	96356.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
92248.5	0.36	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	93860.5	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				U	96361.5	0.05	CH <sub>3</sub> CHO	
92257.5	0.28	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	93870.5	0.04	CCS		95346.5	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	96368.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO	
92259.5	0.25	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		95364.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	96372.5	0.08	CH <sub>3</sub> CHO	
92262.5	0.35	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	93876.5	0.05	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		95399.5	0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	96376.5	0.06	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO	
92264.5	0.34	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95416.6	0.06	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	96383.5	0.31	U	
92274.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		95428.5	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	96391.5	0.22	U	
92303.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	93950.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95443.5	1.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96396.5	0.82	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
92354.5	0.33	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	93978.5	0.08	PN		95456.5	0.05	U	96404.5	0.07	U	
92419.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	94023.5	0.04	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		95461.5	0.05	U	96413.5	2.39	C <sup>34</sup> S	
92427.5	0.33	CH <sub>2</sub> CHCN	94065.5	0.81	SO <sub>2</sub>		95488.5	0.04	U	96425.5	0.11	CH <sub>3</sub> CHO	
92433.5	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	94073.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		95503.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96437.6	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	
92460.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	94075.5	0.05	U		95522.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96447.5	0.05	CH <sub>3</sub> OH	
92470.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	94078.5	0.05	U		95542.5	0.04	DCOOCH <sub>3</sub>	96453.5	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
92494.5	1.26	<sup>13</sup> CS	94145.5	0.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95546.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96466.5	0.02	HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	
92521.5	0.04	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	94149.5	0.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95548.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	96475.5	0.09	CH <sub>3</sub> CHO	
92525.5	0.04	U	94152.5	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96493.5	1.25	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
92560.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	94154.5	0.09	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		95551.5	0.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96502.5	0.44	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
92589.5	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	94164.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		95553.5	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96508.4	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	
		HCOOCH <sub>3</sub>	94166.5	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		95557.5	0.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96514.5	0.51	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
92638.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	94175.5	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		95594.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			SO <sup>17</sup> O	
92652.5	0.06	U	94179.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95612.5	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	96530.5	0.06	U	
92670.5	0.06	U	94239.5	0.03	U		95621.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	96541.6	0.05	U	
92685.5	0.06	U	94245.5	0.06	U		95634.5	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	96552.5	0.08	U	
92694.5	0.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	94252.5	0.04	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		95639.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	
92696.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN				U	96589.5	0.66	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
92699.5	0.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>		95650.5	0.02	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	
92702.5	0.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N				DCOOCH <sub>3</sub>	96606.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
92706.5	0.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	94278.5	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN		95655.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	96613.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	
92710.5	0.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95670.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	96632.5	0.11	CH <sub>3</sub> CHO	
92715.5	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	94322.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		95689.5	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96638.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	
92718.5	0.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	94379.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>		95710.5	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	96648.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>	
92728.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95718.5	0.04	U	96671.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	
92736.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	94381.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95720.5	0.04	U	96680.5	0.08	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	
92743.6	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	94388.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>		95731.5	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96682.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
92804.5	<0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	94405.5	0.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	96693.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	
		U	94407.5	0.50	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		95740.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	96709.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	
92872.5	0.03	DCCCN	94411.5	0.38	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		95746.5	0.08	CH <sub>3</sub> OH	96721.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
92884.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	94415.5	0.06	U		95751.5	0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	96739.5	5.68	CH <sub>3</sub> OH	
92928.4	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	94420.5	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		95774.5	0.03	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
92935.5	0.03	U	94426.4	0.03	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		95790.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	96741.5	6.85	CH <sub>3</sub> OH	
92940.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$		95800.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	96744.5	5.44	CH <sub>3</sub> OH	
92959.5	0.01	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	94429.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		95811.5	0.04	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
92974.5	0.02	U	94433.5	<0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		95813.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	96755.5	5.08	CH <sub>3</sub> OH	
92981.5	0.03	HDCC			U		95822.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>	96765.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	
92984.5	0.05	U	94441.5	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		95829.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>	96783.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	
92993.5	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	94478.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95834.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>			<sup>34</sup> SO	
93033.4	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	94517.6	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$		95850.5	0.08	HC <sub>2</sub> N	96794.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	
93053.5	0.02	U	94530.5	0.03	U		95862.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	96801.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	
93061.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	94542.5	2.68	CH <sub>3</sub> OH		95869.5	0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	96814.5	0.08	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
93066.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	94603.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		95876.5	0.04	U	96822.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	
93073.5	0.04	<sup>35</sup> SO <sub>2</sub>	94627.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>		95898.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	96835.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	
93098.5	0.15	HCOOH	94633.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>		95909.4	0.09	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	96847.5	0.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
93105.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	94647.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>		95914.5	6.10	CH <sub>3</sub> OH	96850.5	0.74	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
93151.5	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	94665.5	0.08	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O		95924.5	0.22	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	96852.5	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	94667.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>		95933.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	96859.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	
93161.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	94696.6	0.08	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		95936.5	0.01	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	96888.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	94755.5	0.03	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>		95939.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	96921.5	1.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
93173.5	0.17	NNH <sup>+</sup>	94761.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN				U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
93176.5	0.07	NNH <sup>+</sup>	94775.5	0.01	HCOOCH <sub>3</sub>		95945.0	0.04	HCOO <sup>13</sup>				



Barrido espectral de Orión KL: 3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
97264.5	0.02	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98266.5	0.17	$SO_2 \nu_2 = 1$	99205.5	0.06	$(CH_3)_2CO$	100509.5	0.05	U
97273.5	<0.01	$CS \nu = 1$			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99254.5	0.09	$CH_3CH_2CN$	100527.5	0.04	$CH_3NC$
97276.5	0.05	U	98268.5	0.12	CCCS	99256.5	0.09	$(CH_3)_2CO$	100534.5	0.03	$H_2^{13}CS$
97282.5	0.04	$(CH_3)_2CO$	98270.5	0.42	$HCOOCH_3$	99266.6	0.03	$(CH_3)_2CO$	100544.5	0.12	$H^+ 62\delta$
97288.5	0.03	U	98279.5	0.90	$HCOOCH_3$	99269.6	0.02	U			$HCOOCH_3$
97301.5	5.81	OCS	98310.5	0.03	$(CH_3)_2CO$	99273.5	0.08	U	100576.5	0.03	$HCOOCH_3$
97319.0	0.04	$HCOOCH_3$	98349.4	0.02	$^{34}SO$	99300.5	22.5	SO	100584.5	0.05	$He^+ 62\delta$
97330.5	0.04	U	98388.5	0.06	U	99325.5	1.21	$CH_3OCH_3$	100600.5	0.06	$HCOOCH_3$
97339.5	0.06	$HCOOCH_3$	98418.5	0.05	U	99374.5	0.08	$CH_3OH \nu_t = 1$	100615.5	1.49	$CH_3CH_2CN$
97350.5	0.16	U	98424.5	0.68	$HCOOCH_3$	99393.5	0.76	$SO_2$	100639.5	4.47	$CH_3OH$
97390.5	0.05	$(CH_3)_2CO$	98432.5	0.96	$HCOOCH_3$	99422.5	0.04	$(CH_3)_2CO$	100660.5	0.42	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
97395.5	0.13	$(CH_3)_2CO$	98436.5	0.61	$HCOOCH_3$	99473.5	0.04	U			$HCOOCH_3$
		$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98443.5	0.06	$HCOOCH_3$	99480.4	0.05	$HCOOCH_3$			$t-CH_3CH_2OH$
97420.5	0.05	$OCS \nu_2 = 1$	98445.5	0.04	U			U	100674.5	0.07	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$
97430.0	0.03	$HCO^{18}OCH_3$	98454.5	0.05	U	99485.5	0.02	$HCOOCH_3$	100683.5	1.42	$HCOOCH_3$
97446.0	0.03	$HCOOCH_3$	98456.4	0.05	$(CH_3)_2CO$	99489.5	0.27	U	100693.5	0.20	$HCOOCH_3$
97458.5	0.18	U	98465.5	0.14	$(CH_3)_2CO$			$CH_3CH_2CN$	100711.5	0.25	$HC_3N \nu_7 = 2$
97460.5	0.16	U			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99524.5	0.14	$t-CH_3CH_2OH$	100715.5	0.23	$HC_3N \nu_7 = 2$
97467.6	0.09	$SO_2$	98470.5	0.05	U	99567.6	0.19	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	100735.5	0.14	$HCOOCH_3$
97502.5	0.01	$(CH_3)_2CO$	98473.5	0.07	U	99577.5	0.25	U	100753.5	0.05	$H_2CCS$
97522.5	0.04	$OCS \nu_2 = 1$	98477.5	0.10	U	99584.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$	100765.5	0.20	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
97526.5	0.04	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98484.5	0.16	$^{34}SO$	99602.5	0.13	$CH_3OCH_3$	100791.5	0.07	$HCOOCH_3$
97536.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98492.5	0.29	U	99609.5	0.03	$CH_3OCH_3$	100864.5	0.03	$CH_3CH_2CN$
97547.5	0.02	$CH_3CH_2CN$	98508.5	0.06	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	99641.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	100878.5	1.21	$SO_2$
97550.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$	98512.5	0.06	$HC_3N$	99652.5	0.23	$HC^{13}CCN$	100930.5	0.03	$HCOO^{13}CH_3$
97574.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98525.5	2.34	$CH_3CH_2CN$	99658.5	0.07	$CH_3CH_2CN$	100941.5	0.02	$HCOO^{13}CH_3$
97577.5	0.16	U	98535.5	2.01	$CH_3CH_2CN$	99661.5	0.22	$HCC^{13}CN$	100947.5	0.07	$CH_3OCH_3$
97583.5	6.56	$CH_3OH$			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99672.5	0.09	$CH_2DOH$	100949.5	0.15	$CH_3OCH_3$
97597.5	0.22	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98545.5	0.66	$CH_3CH_2CN$	99682.5	1.27	$CH_3CH_2CN$	100951.5	0.07	$CH_3OCH_3$
97618.5	0.06	U	98558.5	0.25	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99690.5	0.07	U	100968.6	0.01	$H_2CCO$
97632.5	0.03	$H_2^{13}CS$	98561.5	0.43	$CH_3CH_2CN$	99717.5	0.03	$H^{13}COOCH_3$	100990.5	0.10	$t-CH_3CH_2OH$
97645.5	0.05	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98567.5	1.70	$CH_3CH_2CN$	99722.4	0.04	$(CH_3)_2CO$	101002.5	0.18	$H_2CCO$
97651.5	0.24	$HCOOCH_3$	98585.5	0.08	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	99725.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$	101024.5	0.08	$H_2CCO$
97661.5	0.17	U	98602.5	0.12	$(CH_3)_2CO$	99731.5	1.37	$CH_3OH \nu_t = 1$	101028.5	0.07	$HC_3N \nu_7 = 3$
97672.5	0.02	$CH_3^{13}CH_2CN$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99738.5	0.04	U	101032.5	0.12	$H_2CCO$
97678.5	0.43	$CH_3OH$	98607.5	0.96	$HCOOCH_3$	99751.5	0.06	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	101036.5	0.15	$H_2CCO$
		$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99773.4	0.25	$H_2C^{34}S$	101047.5	0.04	U
97703.5	3.61	$SO_2$	98611.5	2.19	$CH_3CH_2CN$			U	101056.5	0.03	U
		$HCOOCH_3$			$HCOOCH_3$	99804.5	0.07	$S^{18}O$	101061.5	0.01	$DCOOCH_3$
		$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99826.5	0.03	$(CH_3)_2CO$			U
97716.5	2.93	$^{34}SO$	98621.5	0.60	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99829.5	0.03	U	101070.5	0.03	$DCOOCH_3$
97729.5	0.06	$c-C_2H_4O$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99834.5	0.13	$CH_3OCH_3$	101093.5	0.15	$CH_3CH_2CN$
97739.5	0.09	U	98638.5	0.04	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99836.5	0.21	$CH_3OCH_3$	101102.5	0.04	$CH_3OH$
97753.5	0.18	U	98643.5	0.19	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99839.5	0.18	$CH_3OCH_3$	101127.5	0.14	$CH_3OH$
97774.5	0.06	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99866.5	0.04	CCS	101140.5	0.09	U
97784.5	0.02	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98645.5	0.20	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99869.5	0.29	U	101161.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$
97816.5	0.05	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99881.5	0.22	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	101170.5	0.08	$HC_3N \nu_7 = 3$
		$HCOO^{13}CH_3$	98651.4	0.09	$(CH_3)_2CO$	99886.5	0.03	$H^{13}COOCH_3$	101174.5	0.09	$CH_3OH \nu_t = 1$
97829.5	0.04	$HCOO^{13}CH_3$	98662.5	0.36	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99888.5	0.05	$H^{13}COOCH_3$			$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$
97845.5	0.15	$CH_3CH_2CN$	98664.5	0.33	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$			$HC^{13}CCN \nu_7 = 1^-$			$HC_3N$
97869.6	0.04	U	98673.5	0.28	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99900.5	0.03	$(CH_3)_2CO$	101176.5	0.12	$CH_3CH_2C^{15}N$
97871.5	0.04	$HCOO^{13}CH_3$			$H^+ 57\gamma$	99921.5	0.03	U			U
97873.5	0.03	$H^{13}COOCH_3$	98682.5	0.74	$HCOOCH_3$	99925.5	0.03	U	101185.5	0.23	$CH_3OH$
		U	98688.5	0.06	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	99945.5	0.04	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	101201.5	0.07	U
97878.5	0.04	$H^{13}COOCH_3$	98702.5	1.29	$CH_3CH_2CN$	99963.5	0.11	$(CH_3)_2CO$	101203.5	0.05	U
97886.5	0.10	U	98712.5	0.89	$HCOOCH_3$			$CH_3OD$	101211.5	0.07	U
97873.5	0.05	$HCOO^{13}CH_3$			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	99976.5	0.11	$t-CH_3CH_2OH$	101242.6	0.04	U
97897.5	0.17	U	98739.5	0.29	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	100030.5	5.86	SO	101253.5	0.09	U
97953.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$			$(CH_3)_2CO$	100046.5	0.05	$HCC^{13}CN \nu_7 = 1^+$	101284.5	0.05	$H_2C^{34}S$
97958.5	0.04	U	98748.5	0.77	$HCOOCH_3$	100061.5	0.03	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	101287.5	0.09	$c-C_2H_4O$
97963.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98755.5	0.04	U	100076.5	7.66	HCCCN	101293.5	0.40	$CH_3OH$
97981.5	13.9	CS	98765.5	0.01	U			$HCOOCH_3$	101302.5	0.14	$HCOOCH_3$
97993.5	0.30	$CH_3OCH_3$	98778.5	0.06	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$	100094.5	0.39	$H_2CCO$	101305.6	0.09	$HCOOCH_3$
97996.5	0.24	$CH_3OCH_3$	98792.5	0.82	$HCOOCH_3$	100111.5	0.07	$^{13}CH_3CH_2CN$	101314.4	0.01	DCCCN
		$SO_2$	98801.5	0.07	$(CH_3)_2CO$	100137.5	0.33	U	101333.5	4.40	$H_2CO$
98005.5	0.04	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	98808.5	0.02	$c-C_2H_4O$	100142.5	0.06	$HC_3N \nu_5 = 1$	101343.5	0.04	$HC_3N \nu_7 = 4$
98020.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$	98815.5	0.20	U	100152.6	0.07	$(CH_3)_2CO$	101357.4	0.05	U
98031.5	0.16	$CH_3OH$	98824.5	0.04	U			$SO^{18}O$	101370.5	0.13	$HCOOCH_3$
98034.5	0.04	$^{13}CH_3CH_2CN$	98830.5	0.03	$(CH_3)_2CO$	100156.5	0.03	$CH_3^{13}CH_2CN$	101384.5	0.07	DNCO
		$(CH_3)_2CO$	98839.5	0.11	$HCOOCH_3$	100160.5	0.04	$CH_3CHO \nu_t = 2$	101415.5	0.13	$HCOOCH_3$
98038.5	0.05	U	98853.6	0.04	U	100194.5	0.07	$g^+-CH_3CH_2OH$	101427.5	0.10	$(CH_3)_2CO$
98041.5	0.09	$CH_3^{13}CH_2CN$	98857.5	0.05	U	100227.5	0.28	U	101451.5	0.21	$(CH_3)_2CO$
98044.5	0.11	$^{13}CH_3CH_2CN$	98863.5	0.16	$CH_3CHO$	100241.5	0.14	$HC_3N \nu_6 = 1$	101470.5	0.60	$CH_3OH$
		$CH_3^{13}CH_2CN$	98875.5	0.16	$HCOOCH_3$	100247.5	0.05	U	101478.5	1.60	$HCOOCH_3$
98054.5	0.10	$(CH_3)_2CO$	98878.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	100295.5	0.81	$HCOOCH_3$			$H_2CS$
		$CH_3^{13}CH_2CN$	98901.5	0.15	$CH_3CHO$	100308.5	1.13	$HCOOCH_3$			$(CH_3)_2CO$
98063.5	0.02	$H^{13}COOCH_3$	98929.5	0.04	U	100313.5	0.09	U	101500.5	0.06	U
98075.5	0.04	$CH_3^{13}CH_2CN$	98935.5	0.05	$CH_3OCH_3$	100323.5	1.20	$HC_3N \nu_7 = 1$	101503.5	0.06	$c-C_2H_4O$
		$^{13}CH_3CH_2CN$	98973.5	0.21	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$			$HC_3N \nu_6 = 1$	101534.5	0.10	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$
98089.5	0.03	$CH_3^{13}CH_2CN$	98977.5	0.43	$SO_2$	100350.5	0.06	$(CH_3)_2CO$	101545.5	0.06	$HCOOCH_3$
98110.5	0.03	$DCOOCH_3$	98983.5	0.07	$g^+-g^- - CH_3CH_2OH$	100359.5	0.13	$t-CH_3CH_2OH$	101554.5	0.03	$CH_3CH_2^{13}CN$
		U	99007.5	0.03	$^{13}CH_3CHCN$	100365.5	0.08	$g^- - CH_3CH_2OH$	101559.5	0.16	$CH_3OCH_3$
98119.5	0.06	$^{13}CH_3CH_2CN$	99017.5	0.06	$HCOOCH_3$	100381.5	0.04	U	101562.5	0	

Barrido espectral de Orión KL: 3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
101858.5	0.04	U	103640.5	0.06	CCS	104703.5	1.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	105957.5	0.16	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
101864.5	0.01	HCOOCH <sub>3</sub>	103649.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104706.5	0.48	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	105973.5	0.21	NH <sub>2</sub> CHO
101868.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104712.5	0.09	<sup>18</sup> C <sup>18</sup> O	105978.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>
101873.5	0.11	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	103681.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106000.5	0.07	HCCC <sup>15</sup> N
101878.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	103699.5	0.09	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	104720.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	106019.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
101892.5	0.02	CH <sub>3</sub> CHO	103703.5	0.07	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106023.5	0.03	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
101981.5	0.41	H <sub>2</sub> CCO	103716.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104730.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	106032.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
102032.5	0.70	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	103745.5	0.01	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106050.5	0.02	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
102052.5	0.02	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	103749.5	0.12	CH <sub>2</sub> DCN	104735.5	0.03	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106057.0	0.02	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
102064.5	0.19	NH <sub>2</sub> CHO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104742.5	0.04	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106079.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
102076.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	103756.5	0.09	U	104754.5	0.05	U	106096.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102105.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>	103761.5	0.04	U	104757.5	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106102.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102118.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>	103770.5	0.04	U	104765.5	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106108.5	0.16	NH <sub>2</sub> CHO
102123.5	0.99	CH <sub>3</sub> OH	103785.5	0.01	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104782.5	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106125.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>
102128.5	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	103797.5	0.11	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104804.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	106135.5	0.17	NH <sub>2</sub> CHO
102153.4	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	103819.4	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	104809.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106142.5	0.15	NH <sub>2</sub> CHO
102156.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104814.5	0.06	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	106157.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102179.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	103833.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	104826.5	0.09	U	106235.5	0.01	HCOOCH <sub>3</sub>
102204.5	0.03	U	103836.5	0.07	HC <sub>3</sub> N	104842.5	0.06	U	106251.0	0.03	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
102228.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	103843.5	0.08	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104853.6	0.05	U	106258.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
102283.5	0.13	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	103852.5	<0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104875.4	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106265.4	0.04	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
102288.5	0.10	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	103857.5	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104882.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106274.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102291.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	103860.5	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104889.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106295.5	0.04	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
102299.5	0.06	HCCCHO	103863.5	0.03	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104893.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106302.5	0.02	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
102337.0	0.06	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	103868.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	104912.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106337.5	0.07	U
102425.5	0.06	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	103877.5	<0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104915.5	0.04	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	106348.5	0.06	CCS
102473.5	0.07	U	103880.5	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104922.5	0.04	U	106354.5	0.10	U
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	103891.5	0.08	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104928.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106376.5	0.21	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
102489.5	0.17	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	103899.5	<0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104931.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	103903.4	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	104961.5	0.41	CH <sub>2</sub> CHCN			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102503.5	0.27	CH <sub>3</sub> CCH			HCOOCH <sub>3</sub>	104976.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106386.5	0.05	U
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106390.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102512.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	103915.5	0.10	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	104987.5	0.05	U	106409.5	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102516.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	103921.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	104991.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			O <sup>13</sup> C <sup>18</sup> S
102530.5	0.34	CH <sub>3</sub> CCH	103934.5	0.05	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104999.5	0.06	U	106450.0	0.03	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
102534.5	0.21	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	103960.5	0.06	HNC <sup>18</sup> O	105030.5	0.06	U	106489.5	0.02	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
102540.5	0.33	CH <sub>3</sub> CCH			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	105037.5	0.13	CH <sub>2</sub> DOH	106499.5	0.07	HC <sub>3</sub> N
102547.5	0.66	CH <sub>3</sub> CCH	103999.5	0.06	SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$	105044.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	106512.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
102555.5	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104007.5	0.06	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	105064.5	3.99	CH <sub>3</sub> OH			U
		DNCO	104030.0	12.5	SO <sub>2</sub>	105070.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	106515.5	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
102562.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104052.5	1.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	105076.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	106542.5	0.20	NH <sub>2</sub> CHO
102574.5	0.04	H <sup>+</sup> 66 $\epsilon$	104061.5	2.20	CH <sub>3</sub> OH			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	106564.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
102576.5	0.04	U	104086.5	0.08	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	106576.5	0.02	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
102578.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			DCOOCH <sub>3</sub>	105092.5	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	106600.5	0.04	U
102588.5	0.04	U	104093.4	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	105099.5	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	106633.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>
102609.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104107.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	105101.5	0.06	U	106642.5	0.50	CH <sub>2</sub> CHCN
102640.5	0.09	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	104122.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCHO	105107.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	106649.5	0.44	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102658.5	1.31	CH <sub>3</sub> OH	104130.5	0.05	U	105118.5	0.08	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	106655.5	0.17	U
102684.5	0.05	<sup>18</sup> OCS	104167.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	105133.5	0.04	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
102690.4	0.15	SO <sub>2</sub>	104172.5	0.07	U	105162.5	0.12	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106668.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>
102704.5	0.03	CH <sub>3</sub> OH	104177.5	1.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	105182.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	106676.5	0.13	SO <sub>2</sub>
102718.5	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	104189.5	0.13	CH <sub>2</sub> DCN	105188.5	0.41	U			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102730.5	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	104196.5	0.12	CH <sub>2</sub> DCN	105235.5	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>	106715.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
102734.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	104198.5	0.17	CH <sub>2</sub> DCN	105281.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	106723.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102737.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	104201.5	0.14	CH <sub>2</sub> DCN	105300.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	106744.5	2.17	<sup>34</sup> SO
102764.5	0.04	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	104213.5	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN	105306.5	0.21	H <sup>+</sup> 49 $\beta$	106767.5	0.12	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102788.5	0.04	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$	104239.5	14.0	SO <sub>2</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	106777.5	0.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
102792.5	0.04	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	104255.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	105337.5	0.09	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106779.5	0.49	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
102807.5	0.07	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	104280.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	105356.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	106779.5	0.49	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
102819.6	0.06	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$	104300.5	6.58	CH <sub>3</sub> OH	105364.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	106787.5	0.61	O <sup>13</sup> C <sup>18</sup> S
		HCCCHO	104307.5	0.20	U	105393.5	0.04	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	106797.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>
102839.5	0.04	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$	104374.4	1.40	CH <sub>3</sub> OH	105411.5	0.05	U	106804.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>
102897.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	104355.5	2.61	CH <sub>3</sub> OH	105414.5	0.05	H <sup>+</sup> 61 $\delta$	106865.5	0.05	U
102902.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104360.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	105425.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	106870.5	0.10	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
102909.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	104371.5	0.04	U	105456.4	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	106873.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
102912.5	0.08	U	104376.5	0.04	U	105459.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	106907.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
102952.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	104392.5	1.38	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	105465.5	0.35	NH <sub>2</sub> CHO	106931.5	0.06	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
102958.5	0.85	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	104410.5	2.73	CH <sub>3</sub> OH	105470.5	1.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	106952.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
102981.5	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	106957.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
103003.4	0.11	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	102415.0	0.02	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	105515.5	0.10	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
103012.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	104420.5	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN	105522.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	106962.5	0.09	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
103023.5	0.05	U	104434.5	0.39	CH <sub>2</sub> CHCN	105540.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	106967.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
103040.5	1.10	H <sub>2</sub> CS	104438.5	0.35	CH <sub>2</sub> CHCN						

Barrido espectral de Orión KL: 3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
107236.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	108337.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	109705.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	110710.5	0.46	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
107253.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			U	109711.5	0.07	OCS $\nu_2 = 1$	110713.5	0.60	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
		SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	108353.4	0.05	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	109716.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	110717.5	0.56	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
107260.5	0.05	U	108384.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	110776.5	0.28	U
107284.4	0.03	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>			<sup>32</sup> SO <sub>2</sub>	109720.5	0.11	U	110789.5	1.55	HCOOCH <sub>3</sub>
107287.5	0.05	<sup>13</sup> C <sup>17</sup> O	108392.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	109758.5	2.78	NH <sub>2</sub> CHO	110811.5	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
107292.5	0.03	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	108388.5	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			SO <sub>2</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
107328.5	0.06	U	108424.4	0.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109771.5	0.26	U	110820.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
107335.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	108435.4	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109779.5	0.52	HNCO	110824.4	0.57	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
107377.5	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	108438.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	109782.5	1.47	C <sup>18</sup> O	110841.5	0.52	CH <sub>2</sub> CHCN
107405.5	0.06	U	108493.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	109829.5	0.11	<sup>32</sup> SO <sub>2</sub>	110868.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
107411.5	0.05	CH <sub>3</sub> CCCN	108512.5	0.03	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	109834.5	0.27	HNCO			U
107422.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108525.5	0.02	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	109841.5	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	110874.5	1.07	HCOOCH <sub>3</sub>
107448.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	108535.5	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U	110880.5	2.07	HCOOCH <sub>3</sub>
107450.5	0.04	U	108540.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	109845.5	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	110882.5	1.20	HCOOCH <sub>3</sub>
107470.5	0.06	U	108564.5	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	109864.5	0.29	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	110887.5	1.47	HCOOCH <sub>3</sub>
107472.5	0.06	U	108617.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	109867.5	0.32	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	110890.5	1.12	HCOOCH <sub>3</sub>
107475.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	108628.5	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109873.5	1.29	HNCO	110900.4	0.05	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
107487.5	2.79	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108645.5	0.06	<sup>13</sup> CN	109882.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	110913.5	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
107492.5	1.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108665.5	0.01	DCOOCH <sub>3</sub>	109906.5	3.15	HNCO	110919.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108669.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109912.5	0.43	U	110924.5	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>
107504.5	2.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108697.5	0.05	CH <sub>3</sub> OH	109918.4	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	110929.5	0.09	U
107521.5	0.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			SO <sup>18</sup> O	109920.5	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	110943.6	0.02	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108711.5	0.26	HC <sup>13</sup> CCN	109925.5	0.12	U	110951.5	0.19	CH <sub>3</sub> OD
107533.5	0.06	U	108721.5	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	109945.4	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	110954.5	0.04	U
107537.5	1.43	HCOOCH <sub>3</sub>			HCC <sup>13</sup> CN	109959.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	110962.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>
107544.5	2.54	HCOOCH <sub>3</sub>	108752.5	0.05	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U	110972.5	0.01	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108754.5	0.07	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	109988.5	0.03	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	110987.5	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	109994.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111000.5	0.02	U
107548.5	1.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108759.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	110011.4	0.06	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	111006.5	0.29	U
107562.4	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	108763.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	110035.5	0.27	U	111031.5	0.08	U
		U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	110050.5	0.17	U	111034.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
107572.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	108795.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	110054.5	0.07	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	111040.5	0.04	U
107576.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108823.5	0.03	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	111048.5	0.06	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	108835.5	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	110061.5	0.09	CH <sub>3</sub> OH	111068.6	0.09	U
107582.5	0.05	<sup>32</sup> SO <sub>2</sub>	108875.5	0.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	111090.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
107595.5	1.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	108884.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	110070.5	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	111094.5	0.38	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108894.5	5.67	CH <sub>3</sub> OH	110080.4	0.05	U	111121.5	0.05	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	108921.5	0.40	SIS	110090.4	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111134.5	0.03	U
107604.5	0.56	HCOOCH <sub>3</sub>	108942.5	1.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	110098.5	0.06	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_6$	111140.5	0.06	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	108956.6	0.08	SO <sub>2</sub>	110105.5	0.09	CH <sub>2</sub> DOH	111170.5	1.85	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	108997.5	0.05	PO	110142.5	0.08	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	111190.0	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
107617.5	0.06	U	109000.4	0.05	CH <sub>3</sub> CCD	110144.5	0.13	U	111196.5	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>
107630.5	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109010.5	0.08	U	110149.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111200.5	0.13	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	109014.5	0.08	U	110154.5	0.89	NH <sub>2</sub> D	111210.5	0.12	U
107637.5	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109020.5	0.03	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	110168.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111220.5	0.08	U
107645.5	0.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109037.5	0.03	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	110189.5	0.29	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111223.5	0.96	HCOOCH <sub>3</sub>
107649.5	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109040.6	0.05	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	110201.5	13.0	<sup>13</sup> CO	111244.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
107679.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			U	110219.5	0.05	U	111254.5	0.09	CH <sub>3</sub> OH
107694.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109093.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCHO	110225.6	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	111264.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
107703.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	109103.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	110227.5	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>	111268.5	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
107711.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>			HCDCHCN	110239.5	0.33	U	111290.5	4.95	CH <sub>3</sub> OH
		U	109107.4	0.05	U	110250.5	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111303.5	0.05	U
107718.0	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109111.5	0.28	O <sup>13</sup> CS			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	111317.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
107723.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	110256.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	111323.5	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>
107736.5	1.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	109139.5	1.81	CH <sub>3</sub> OH	110263.5	0.27	CH <sub>3</sub> OD	111331.5	0.07	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109153.5	1.98	CH <sub>3</sub> OH	110266.5	0.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	111345.5	0.11	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	110277.5	0.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	111359.5	0.06	U
107746.5	0.27	U	109160.5	0.10	HC <sub>3</sub> N	110289.5	0.02	U	111370.5	0.13	U
107752.5	0.06	U	109164.5	0.46	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	110298.5	1.49	HNCO	111383.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>
107772.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109173.5	8.19	HCCCN			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	111395.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109199.5	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	110310.5	0.38	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	111408.5	1.05	HCOOCH <sub>3</sub>
107784.4	0.04	DCOOCH <sub>3</sub>	109206.5	0.10	PO	110321.5	0.31	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	111419.5	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>
		U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	111432.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
107798.5	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109252.5	18.4	SO	110331.4	1.74	CH <sub>3</sub> CN	111453.5	1.18	HCOOCH <sub>3</sub>
107818.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	109292.6	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	111492.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>
		DCOOCH <sub>3</sub>	109302.6	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	110350.5	3.53	CH <sub>3</sub> CN	111511.5	0.01	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
107826.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>	109353.5	0.16	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1^-$	110364.5	6.82	CH <sub>3</sub> CN	111525.5	0.06	U
107844.5	3.98	SO <sub>2</sub>	109360.4	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	110375.5	6.85	CH <sub>3</sub> CN	111542.5	0.05	U
107902.5	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	110383.5	10.0	CH <sub>3</sub> CN	111571.5	0.02	HCOOCH <sub>3</sub>
107910.5	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	109365.5	0.03	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	110401.5	0.04	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111576.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
107912.5	0.06	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	109369.5	0.03	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	111627.5	1.68	CH <sub>3</sub> OH
107922.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	109390.5	0.07	U	110409.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	111635.5	0.07	U
107955.5	0.18	<sup>32</sup> SO	109395.5	0.04	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	110447.5	0.35	HCOOCH <sub>3</sub>	111644.5	0.02	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
107962.5	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	109443.5	1.55	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1^-$	110452.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	111660.5	0.12	U
107974.0	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1^+$	110455.5	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>			

Barrido espectral de Orión KL: 3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
111945.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	113276.5	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	114236.5	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115684.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO
111952.5	0.05	U	113279.5	0.18	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	114242.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115695.5	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
111959.5	0.07	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	113300.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	114246.5	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			CH <sub>3</sub> CHO
12012.5	0.33	U	113306.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114258.5	0.09	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115705.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
12031.4	0.04	H <sub>2</sub> CCS	113308.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114264.5	0.11	U	115707.5	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
12036.5	0.08	HNCCC	113310.5	0.07	U	114266.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	115712.5	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
12049.5	0.03	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	113314.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	114272.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	115724.5	0.09	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
12066.5	0.04	HDCO	113321.5	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114279.5	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115727.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
12093.6	0.06	U			U	114307.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115740.4	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
12103.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	113326.5	0.10	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	114315.5	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	115746.5	0.14	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
12116.5	0.10	U	113337.5	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114317.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>			
12130.5	0.19	H <sup>+</sup> 64 $\epsilon$	113345.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114321.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			U	114340.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			
12137.5	0.09	U	113351.6	0.16	CH <sub>3</sub> OD	114354.4	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>			
12144.5	0.79	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	113374.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114361.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
12159.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	113384.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	114375.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			
12168.5	0.11	U	113392.6	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			
12179.5	0.06	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN	113408.5	0.14	CH <sub>3</sub> OH	114443.5	0.08	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
12249.5	0.20	CH <sub>3</sub> CHO	113410.5	0.15	CCS			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
12254.5	0.23	CH <sub>3</sub> CHO	113428.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	114446.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>			
12257.4	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	114454.5	0.05	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			
12264.5	0.03	U	113431.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	114470.5	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
12269.5	0.04	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	11485.6	0.08	HC <sub>3</sub> N			
12287.6	0.15	HCOOH	113477.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	114566.5	0.75	SO <sub>2</sub>			
12293.5	0.08	U	113482.5	0.21	U	114576.5	0.29	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			
12307.5	0.41	U	113488.5	1.56	CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
12311.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	113490.5	4.15	CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
12315.5	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	113499.4	1.18	CN	114587.5	0.05	U			
12353.6	0.17	U	113503.9	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	114615.5	0.35	H <sup>13</sup> CCCN			
12359.5	0.36	C <sup>17</sup> O	113508.4	1.07	CN	114622.5	0.46	CH <sub>2</sub> CHCN			
12366.5	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	113520.5	0.17	CN	114651.5	1.63	CH <sub>3</sub> OH			
12374.5	0.65	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	113557.5	0.10	U	114697.5	0.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	113574.5	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>	114700.5	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	113579.5	0.07	U	114703.5	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12381.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	113592.5	0.10	U	114735.5	0.07	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			
12385.5	0.07	U	113601.5	0.11	U	114751.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			
12396.5	0.10	U	113620.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			U			
12407.4	0.09	U	113624.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	114763.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
12409.5	0.06	U	113628.5	0.10	U	114831.4	0.13	HCC <sup>15</sup> N			
12425.5	0.04	U	113639.5	0.09	U	114833.5	0.12	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$			
12432.5	0.11	HCOOH	113644.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	114836.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
12434.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	114850.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
12460.6	0.09	HCOOH	113647.5	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	114852.5	0.16	U			
12467.5	0.11	HCOOH	113659.5	0.28	CH <sub>2</sub> CHCN	114867.5	0.09	U			
12491.5	0.14	CH <sub>3</sub> OH	113694.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	114877.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
12523.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	114888.5	0.08	HCOOCH <sub>3</sub>			
12533.5	0.23	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	113696.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	114899.5	0.10	CH <sub>3</sub> OH			
12543.5	0.04	U			U	114935.5	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>			
12551.5	0.04	U	113713.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	114940.5	0.21	CH <sub>3</sub> CHO			
12603.5	0.07	U	113716.5	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	114960.5	0.18	CH <sub>3</sub> CHO			
12622.5	0.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	113723.5	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	114980.5	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
12647.5	1.92	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	115006.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			
12673.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	113737.5	0.09	U	115072.5	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12677.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	113743.5	0.90	HCOOCH <sub>3</sub>	115075.5	0.67	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12685.5	0.05	U	113757.5	1.17	HCOOCH <sub>3</sub>	115078.5	0.30	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12732.4	0.04	U	113799.5	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	115086.5	0.09	U			
12745.5	0.10	CH <sub>3</sub> OH	113802.5	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	115093.5	0.13	U			
12772.6	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	113805.5	0.19	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	115116.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
		HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	115154.5	0.47	NS			
12804.5	0.09	CH <sub>2</sub> DCCH	113808.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	115157.5	0.40	NS			
12807.5	0.08	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	113813.5	0.04	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	115163.5	0.21	NS			
12816.5	0.09	U	113844.5	0.04	HCOOCH <sub>3</sub>	115186.5	0.09	NS			
12835.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	113861.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	115191.0	0.11	NS			
12838.6	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	113872.5	0.08	U	115220.5	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>			
12841.5	0.33	CH <sub>2</sub> CHCN	113906.5	0.65	CH <sub>2</sub> CHCN			NS			
12852.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	113915.5	0.92	CH <sub>2</sub> CHCN	115238.5	0.21	U			
12857.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	115242.5	0.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12870.5	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>	113934.5	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN	115270.5	73.7	CO			
12891.5	0.13	HCOOH	113937.6	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	115292.5	2.28	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			
12894.5	0.09	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	113940.5	0.47	CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12904.5	0.06	HCOOCH <sub>3</sub>	113959.5	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN	115294.5	2.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
12927.5	0.09	U	113968.5	0.13	U	115318.5	1.25	SO <sub>2</sub>			
12930.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	113973.5	0.58	CH <sub>2</sub> CHCN	115336.5	0.13	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			
12942.5	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	113979.5	1.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	115343.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
12986.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	113990.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN	115360.5	0.09	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			
13001.5	0.50	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	114005.5	0.82	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	115399.5	0.13	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NC			
13019.5	0.07	U	114012.4	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	115424.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHOH			
13032.5	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	114015.5	0.11	U	115433.4	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
13039.5	0.09	U	114026.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN	115442.5	0.06	U			
		CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	114050.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	115455.5	0.10	CCO			
13059.5	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	114056.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	115490.5	0.10	NS			
13061.5	0.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	115494.5	0.22	CH <sub>3</sub> CHO			
13091.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	114059.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	115510.5	0.08	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			
13098.5	0.14	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	114065.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN	115514.5	0.06	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			
13111.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	115525.5	0.14	NS			
13123.5	0.21	CN	114080.4	0.08	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
13129.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	114084.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	115545.5	1.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
13144.5	0.99	CN	114088.5	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	115557.5	0.75	NS			
13170.5	1.32	CN	114092.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	115565.9	0.11	CH <sub>3</sub> OH			
13185.5	0.15	U			<sup>18</sup> OCS	115571.5	0.48	H <sup>+</sup> 54 $\gamma$			
13191.5	1.29	CN	114108.5	0.02	HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>			NS			
13194.5	0.16										

TABLA 11.2: BARRIDO ESPECTRAL DE ORIÓN KL: 2 MM

Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
130000.2	0.33	U	131203.8	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	132115.1	1.32	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	132947.5	0.06	CCCS
130010.1	1.21	HCOOCH <sub>3</sub>	131213.9	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	132130.1	0.21	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	132952.5	0.39	CH <sub>2</sub> CHCN
130017.6	1.29	HCOOCH <sub>3</sub>	131222.6	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	132146.3	0.44	CH <sub>3</sub> OH	132961.5	0.51	CH <sub>2</sub> CHCN
130031.4	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	131228.9	0.11	U	132156.3	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	132976.5	0.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130037.6	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	131236.4	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	132162.6	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	132978.5	0.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130055.1	0.07	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	131249.5	0.32	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	132170.1	0.06	U	132981.5	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130065.1	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	131270.1	1.58	CH <sub>2</sub> CHCN	132190.1	0.07	U	132987.5	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN
130071.4	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	131276.4	2.89	SO <sub>2</sub>	132193.8	0.10	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	133005.1	0.19	SO <sub>2</sub> $\nu_2=1$
130092.6	0.16	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	131290.1	0.07	U	132203.9	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH
130100.1	0.08	U	131302.6	0.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	132211.4	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	133011.4	0.09	HCCC <sup>15</sup> N $\nu_7=1^+$
130106.4	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	131325.2	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	132216.3	0.04	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	133020.2	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
130115.1	0.09	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	131332.6	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	132220.1	0.06	U			HCOOCH <sub>3</sub>
			131351.4	0.08	U	132226.4	0.13	U	133023.4	0.12	U
130146.4	0.13	SO <sup>18</sup> O	131358.8	0.13	U	132232.6	0.13	U	133028.3	0.32	CH <sub>2</sub> CHCN
130156.4	0.06	U	131366.4	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	132236.4	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN			H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
130171.3	0.03	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	131377.6	0.30	U	132246.4	3.05	HCOOCH <sub>3</sub>	133032.6	0.59	CH <sub>2</sub> CHCN
			131395.1	1.58	HNCO	132260.2	0.10	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	133040.2	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>
130198.9	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	131406.4	1.86	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	132283.9	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	133045.1	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
			131418.9	0.06	U	132291.4	0.04	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
130223.9	0.08	U	131422.6	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	133075.1	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN
130228.9	0.12	U			DCOOCH <sub>3</sub>	132303.8	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130232.6	0.10	U	131442.6	0.07	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}=1$	132313.9	0.02	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	133083.9	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130268.9	18.3	SiO			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	132318.9	0.05	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
130301.3	0.13	U	131456.4	0.29	U	132322.6	0.07	U	133090.1	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130321.4	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	131481.4	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	132326.3	0.04	U	133092.6	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130376.4	0.10	U	131490.2	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	132330.1	0.01	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	133106.4	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130388.9	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	131503.5	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	132338.9	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
130398.9	0.06	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	133131.4	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN
130456.4	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	131512.5	0.11	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
			131525.5	0.09	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	132342.6	0.05	U	133182.6	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN
			131531.5	0.23	SO <sub>2</sub> $\nu_2=1$	132357.6	1.98	HNCO			HCOOCH <sub>3</sub>
130473.9	0.06	U	131537.5	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	132365.1	0.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	133192.6	0.07	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
130482.6	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	131551.5	0.19	CCS	132368.9	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	133202.6	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
130492.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	131556.5	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	132373.8	0.08	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	133213.8	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
130503.5	0.13	U	131559.5	0.18	U	132378.9	0.47	U	133233.9	0.07	U
130510.5	0.11	U	131563.0	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	132382.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	133240.2	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
130518.5	1.52	OC <sup>34</sup> S			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	132388.9	0.06	U	133242.6	0.09	U
			131568.5	0.17	U	132422.6	0.09	U	133250.1	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>
130541.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	131596.5	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	132437.6	0.96	<sup>34</sup> SO	133261.4	0.64	CH <sub>3</sub> OH
		CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	131612.5	0.38	U			HCOOCH <sub>3</sub>	133266.4	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		U	131618.5	0.30	NH <sub>2</sub> CHO	132460.1	0.06	U	133268.9	1.01	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130545.5	0.08	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	131627.5	0.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	132467.7	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	133271.4	0.78	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130551.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	131643.5	0.06	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	132476.4	0.11	U	133280.1	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
130558.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	131660.5	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	132490.1	0.16	U	133283.9	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
130569.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			HCOOCH <sub>3</sub>	132496.4	0.15	HCCC <sup>15</sup> N	133288.9	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130585.5	0.27	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	131668.6	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	132500.1	0.11	U	133303.9	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130597.5	0.13	U	131706.4	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>	132503.5	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>	133315.2	0.52	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130604.5	0.08	CH <sub>3</sub> OD	131715.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	132517.5	0.10	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
130608.5	0.06	U			DCOOCH <sub>3</sub>	132525.5	4.54	CH <sub>2</sub> CHCN	133323.9	0.22	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
130616.5	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	131721.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	133328.9	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130627.5	0.23	U	131724.5	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	132537.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	133335.1	0.11	U
130639.5	0.04	U	131731.5	0.09	U	132550.5	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	133338.9	0.11	U
130646.5	0.13	U	131734.5	0.10	HNCO	132554.5	0.09	U	133345.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
130654.5	0.15	U	131739.5	0.08	U	132556.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN	133356.4	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130662.5	0.08	U	131765.5	0.16	U	132561.5	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>			O <sup>13</sup> CS
130671.5	0.06	U	131767.6	0.13	SO <sup>18</sup> O	132565.5	0.07	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_6=1^+$	133373.9	0.08	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN
130674.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	131785.5	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	132579.5	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	133376.3	0.08	CH <sub>3</sub> OD
130680.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			SO <sup>18</sup> O	132582.5	0.22	U			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
130685.5	0.07	U	131800.5	0.41	HNCO	132595.5	0.34	SO <sub>2</sub> $\nu_2=1$	133387.6	0.06	U
130695.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	131833.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_2=2$	132622.5	10.6	CH <sub>3</sub> OH	133395.1	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130701.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	131847.4	1.27	HNCO	132638.5	0.12	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH	133411.4	0.07	U
		U	131870.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	132641.5	0.11	CCN	133416.4	0.09	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
130710.5	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	131886.5	3.40	HNCO	132663.5	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U
130743.5	0.06	U	131907.5	0.59	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	132668.5	0.10	U	133421.4	0.08	U
130748.5	0.07	U	131910.5	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	132672.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	133428.9	1.02	CH <sub>3</sub> OH
130755.5	0.05	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	131912.5	0.58	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	133435.8	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
130761.5	0.09	U	131916.6	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	132682.5	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	133445.1	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
130795.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	131933.5	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	132685.5	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH
130822.5	0.07	U			U	132689.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	133451.4	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
130834.5	0.20	U	131939.5	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	132701.5	0.10	U	133457.6	1.40	CH <sub>3</sub> OH
130855.4	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	131942.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	132704.5	0.10	U	133472.6	1.53	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
130860.5	0.84	SO <sub>2</sub>			CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	132710.5	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	133488.9	0.16	CH <sub>3</sub> OH
130868.5	0.06	U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	132713.5	0.14	U	133498.9	0.09	U
130872.4	0.11	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	131945.5	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	132718.5	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	133503.5	0.12	U
130878.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	133506.5	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
130883.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	131955.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	132723.5	0.13	U	133511.5	0.11	U
130892.5	0.47	CH <sub>3</sub> CHO			<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	132745.5	18.1	SO <sub>2</sub>	133548.5	2.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
130905.5	2.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	131987.5	0.46	CH <sub>3</sub> OH	132761.5	0.19	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^+$	133606.0	4.56	CH <sub>3</sub> OH
130925.5	0.22	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	131991.4	0.14	U	132765.5	0.12	U	133616.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	131998.5	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	132769.5	0.12	U	133621.5	0.14	(

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
133830.5	0.24	CH <sub>3</sub> CHO	134618.5	0.82	CH <sub>3</sub> OH $\nu_7 = 1$	135718.5	0.39	NH <sub>2</sub> CHO	136920.5	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
133838.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	135738.5	0.24	HCOOH	136934.5	0.51	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_5$
133846.6	0.22	CH <sub>2</sub> DOH	134625.5	0.28	U	135748.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	136941.6	0.70	<sup>32</sup> SO
133854.5	0.36	CH <sub>3</sub> CHO	134632.5	0.40	$g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	135777.6	5.55	<sup>34</sup> SO	136944.5	0.79	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_5$
133865.5	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	135807.5	0.05	CH <sub>3</sub> OD	136946.5	0.80	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$
133870.5	0.13	U	134636.5	0.15	U	135831.5	0.18	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	136954.5	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>
133875.5	0.21	CH <sub>2</sub> DOH	134639.5	0.19	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_7 = 1$	135848.5	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	136991.4	0.57	HCOOCH <sub>3</sub>
133873.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	134642.6	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	135861.5	0.10	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	136997.6	2.53	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$
133877.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	134651.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	135866.5	0.08	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	137050.1	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
133880.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	135881.5	0.18	U	137071.3	0.20	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
		CH <sub>2</sub> DOH	134659.5	0.16	$c - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	135886.5	0.45	HC <sup>13</sup> CCN	137075.1	0.28	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$
133884.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	134665.5	0.18	U	135892.5	0.31	U	137080.1	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
133887.5	0.10	U	134668.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	135899.5	0.46	HCC <sup>13</sup> CN	137085.1	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
133893.5	0.10	CH <sub>2</sub> DOH	134671.5	0.19	U	135916.5	0.13	U	137088.9	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
133895.5	0.12	U	134679.5	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	135922.5	1.73	HCOOCH <sub>3</sub>	137111.4	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
133898.5	0.09	CH <sub>2</sub> DOH	134686.5	0.32	HCOOH	135932.5	0.43	U	137140.1	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
133901.6	0.10	U	134694.5	0.42	CH <sub>3</sub> CHO	135943.5	1.79	HCOOCH <sub>3</sub>	137165.1	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
133903.5	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	134705.5	0.57	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	135949.5	1.77	HCOOCH <sub>3</sub>	137171.4	0.25	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
133918.5	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	134714.5	0.63	U	135959.0	0.20	CH <sub>3</sub> OD	137233.9	3.36	CH <sub>3</sub> OH
133925.5	0.21	CH <sub>3</sub> OD	134719.6	0.14	SO <sup>18</sup> O	135964.5	0.50	SO <sub>2</sub>	137256.3	0.06	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
133930.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	134728.5	0.05	U	135972.5	0.15	CH <sub>3</sub> OD	137260.1	0.10	U
		CH <sub>2</sub> DOH	134730.5	0.05	U	135981.5	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	137293.9	1.81	HCOOCH <sub>3</sub>
133934.5	0.21	U	134740.5	0.44	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	137308.9	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>
133938.5	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	134765.5	0.07	U	135988.5	1.45	HCOOCH <sub>3</sub>	137313.9	1.78	HCOOCH <sub>3</sub>
133949.5	0.14	OCS $\nu_2 = 1$	134778.5	0.38	U			$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	137325.1	0.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
133971.5	0.29	U	134795.5	0.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	135998.9	0.22	U	137331.4	0.56	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
133979.5	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	136026.4	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	137340.1	0.49	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
		U	134800.5	0.19	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_7 = 2$			CH <sub>3</sub> OD	137371.3	2.32	H <sub>2</sub> CS
133983.5	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	134805.5	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	136056.4	0.07	CH <sub>3</sub> OD	137381.4	1.23	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
134005.1	14.7	SO <sub>2</sub>	134827.5	1.76	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	136100.1	0.05	CH <sub>3</sub> OD			H <sub>2</sub> CS
134023.9	0.65	CH <sub>2</sub> CHCN	134850.5	0.50	U	136103.9	0.06	CH <sub>3</sub> OD			U
134031.4	0.32	U	134874.5	0.78	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	136108.9	0.12	CH <sub>3</sub> OD	137393.9	0.19	U
134036.3	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	134890.5	0.08	U			$c - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	137412.7	0.65	H <sub>2</sub> CS
134041.4	0.13	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	134897.5	5.43	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	137436.4	0.23	U
134045.1	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	134908.5	0.19	CH <sub>3</sub> CHO	136122.6	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	137441.4	0.21	U
134056.4	0.38	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	134922.5	0.45	HCOOH	136151.4	0.07	CH <sub>2</sub> DOH	137450.1	1.91	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO
134066.4	0.10	CH <sub>2</sub> DOH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	136172.6	0.09	CH <sub>3</sub> OD	137470.1	0.29	U
134078.9	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	134938.5	0.66	HCOOH	136188.8	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	137477.6	0.41	U
134085.2	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	134944.5	1.69	SO <sub>2</sub>	136192.6	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	137481.4	0.43	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
134090.1	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	134963.5	0.25	CH <sub>3</sub> CHO	136282.7	1.72	HCOOCH <sub>3</sub>	137491.4	0.24	HDCCO
		OCS $\nu_2 = 1$	134972.5	2.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	136298.9	0.10	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>2</sub> DOH			HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	137515.5	0.16	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
134112.7	0.05	U			HCOOCH <sub>3</sub>	136310.1	0.03	U			HCOOH
134117.6	0.04	U	134981.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>			U	137519.6	0.10	U
134122.6	0.06	U	134985.5	0.24	HCOOH	136318.9	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	137530.4	0.09	<sup>13</sup> C <sup>33</sup> S
134127.6	0.04	U	134988.5	0.73	CH <sub>3</sub> CHO	136340.1	0.04	U			U
134130.1	0.05	U			HCOOCH <sub>3</sub>	136346.4	0.10	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			137534.5
134143.8	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	134992.6	0.14	U			<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S	137544.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>
134150.1	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	134996.4	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	136427.6	0.19	U	137561.5	0.17	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$
		U	135005.8	0.19	HCOOH	136465.1	10.8	HCCCN	137568.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
134153.8	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	135010.1	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	136481.4	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	137583.5	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		U	135031.4	3.37	H <sub>2</sub> CO	136523.9	0.13	PO <sub>2</sub>	137585.5	0.56	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
134157.6	0.05	U	135047.6	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	136543.5	2.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	137588.5	0.39	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
134176.4	0.08	U	135055.1	0.77	HCOOCH <sub>3</sub>	136552.5	0.14	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	137620.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>
134180.1	0.07	U	135061.4	0.77	HCOOCH <sub>3</sub>	136565.5	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	137627.5	0.18	U
134191.4	0.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	136571.5	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	137629.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
134205.2	0.06	U	135073.9	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	136578.5	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	137633.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
134212.6	0.04	U	135083.9	0.07	U	136590.5	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	137650.5	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
134220.1	0.13	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	135092.6	1.47	HCOOCH <sub>3</sub>	136600.5	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>	137687.5	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
134225.1	0.52	CH <sub>2</sub> CHOH	135102.7	1.44	HCOOCH <sub>3</sub>	136617.5	0.16	He <sup>+</sup> 51 $\gamma$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
134231.4	4.21	CH <sub>3</sub> OH	135115.2	1.03	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	136623.5	1.99	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	137691.5	0.10	U
134243.9	0.05	U	135123.9	0.06	U	136626.5	4.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	137696.5	0.10	U
134247.6	0.06	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	135143.9	0.75	HCOOCH <sub>3</sub>	136629.5	5.41	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	137703.6	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
134258.9	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>	135147.7	0.16	U	136636.5	7.96	SO	137719.5	0.10	U
		U	135153.9	1.18	HCOOCH <sub>3</sub>	136655.5	0.17	U	137722.5	0.21	U
134268.9	0.10	U	135177.6	0.35	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_7 = 1$	136662.5	0.50	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	137735.5	0.11	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_5$
134285.1	1.04	HDCCO			U			HCOOCH <sub>3</sub>	137749.5	0.18	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
134288.9	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	135188.9	0.06	U	136673.5	0.14	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	137755.5	0.11	DCOOH
134293.9	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	135212.6	0.15	He <sup>+</sup> 56 $\delta$	136676.5	0.22	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	137764.5	0.21	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$
134302.6	0.73	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	135263.9	0.65	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	136680.5	0.13	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
134311.4	0.22	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	135267.6	0.93	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	136686.5	0.33	CH <sub>3</sub> CCH	137801.4	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
134323.8	0.05	U	135270.1	0.73	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	136689.5	0.44	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$			DCOOCH <sub>3</sub>
134330.1	0.07	U	135291.4	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>	136704.5	1.01	CH <sub>3</sub> CCH	137805.5	0.11	U
134375.1	3.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	135298.9	2.74	CH <sub>3</sub> OD	136717.6	0.99	HCOOCH <sub>3</sub>	137807.5	0.10	DCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			H <sub>2</sub> CS			CH <sub>3</sub> CCH	137811.5	0.20	$c - \text{C}_2\text{H}_4\text{O}$
134387.6	3.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	135302.7	2.11	HCOOCH <sub>3</sub>	136725.5	1.62	CH <sub>3</sub> CCH	137814.5	0.13	U
134402.6	1.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	135310.1	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	136728.5	4.96	CH <sub>3</sub> CH	137818.6	0.15	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_5$
134427.6	4.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	135325.1	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>			CH			

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm														
Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
138250.1	0.10	U	139282.6	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140181.4	0.11	CCS	141614.5	0.22	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	141614.5	0.22	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
138267.7	0.11	U			HCOOCH <sub>3</sub>	140195.1	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	141623.4	1.71	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	141623.4	1.71	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
138271.3	0.13	U	139287.7	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140221.4	0.16	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	141629.5	1.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	141629.5	1.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
138285.1	0.20	CH <sub>3</sub> CHO	139296.4	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140223.9	0.23	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	141636.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141636.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138288.9	0.18	U	139302.6	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141653.5	4.34	HCOOCH <sub>3</sub>	141653.5	4.34	HCOOCH <sub>3</sub>
138296.4	0.10	U	139307.7	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	140240.1	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
138305.1	0.22	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U	140255.1	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	141667.5	2.71	HCOOCH <sub>3</sub>	141667.5	2.71	HCOOCH <sub>3</sub>
138320.1	0.21	CH <sub>3</sub> CHO	139315.1	0.07	U			U	141674.5	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN	141674.5	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN
138327.6	0.22	U	139318.9	0.03	CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN	140307.0	14.4	SO <sub>2</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
138352.6	2.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	139323.8	0.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	140325.1	0.72	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138387.6	0.13	H <sub>2</sub> CCCO	139337.7	3.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	140333.9	0.19	U	141677.5	0.11	U	141677.5	0.11	U
138397.6	0.72	CH <sub>2</sub> CHCN	139356.4	5.14	SO <sub>2</sub>	140336.4	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	141683.4	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	141683.4	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
138410.1	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	139370.1	0.15	U	140350.1	0.11	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	141690.5	0.15	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	141690.5	0.15	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
138420.1	0.14	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139381.4	0.53	U	140372.6	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141715.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	141715.5	0.06	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
138426.4	0.15	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	139390.1	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	140423.9	0.86	HCOOCH <sub>3</sub>	141722.5	0.09	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	141722.5	0.09	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
		DCOOCH <sub>3</sub>			U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	141725.5	0.14	U	141725.5	0.14	U
138433.9	0.12	U	139395.1	0.07	U	140431.4	0.72	CH <sub>2</sub> CHCN	141728.5	0.13	CH <sub>2</sub> CHOH	141728.5	0.13	CH <sub>2</sub> CHOH
138443.9	0.15	U	139401.4	0.05	U	140453.3	0.06	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	141736.5	0.19	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141736.5	0.19	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
138503.5	0.17	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139412.6	0.49	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	140465.2	0.14	U	141752.5	0.22	U	141752.5	0.22	U
138509.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	139426.4	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	140473.9	0.16	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141761.5	0.12	U	141761.5	0.12	U
138522.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139442.7	0.08	U	140478.9	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141764.5	0.19	U	141764.5	0.19	U
138531.5	0.86	HDO	139476.3	1.29	SO <sub>2</sub>	140491.4	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	141769.5	0.07	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141769.5	0.07	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139483.9	3.54	H <sub>2</sub> S	140507.5	0.24	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141772.5	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141772.5	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138538.5	0.24	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139501.5	1.38	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	140517.5	0.16	U	141784.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141784.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138563.5	0.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	139504.5	2.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	140539.5	0.12	U	141794.5	0.13	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141794.5	0.13	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	140549.5	0.22	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
138576.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139507.5	1.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	140572.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	141801.5	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	141801.5	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
138593.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139512.5	0.25	U	140597.5	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	141809.5	0.33	U	141809.5	0.33	U
138600.5	0.16	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139516.5	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140600.5	0.20	U	141821.6	0.43	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141821.6	0.43	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
138604.5	0.27	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139532.5	0.37	CH <sub>2</sub> DCN	140611.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138624.5	0.14	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139543.6	0.11	U	140623.5	0.71	U	141825.5	0.32	U	141825.5	0.32	U
138631.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139551.5	0.12	SO <sup>18</sup> O	140628.5	0.18	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	141829.5	1.73	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141829.5	1.73	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138636.5	0.13	U	139558.5	0.15	U	140651.6	0.26	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
138641.5	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	139566.5	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>	140695.5	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141832.5	1.94	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	141832.5	1.94	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
138644.6	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	139569.6	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	140718.5	0.53	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	141836.5	1.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	141836.5	1.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
138648.5	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139583.5	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140734.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
138651.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139607.5	0.38	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	141841.5	0.14	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141841.5	0.14	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138660.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	140742.5	0.37	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U			U
138664.5	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	139622.5	0.53	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140762.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	141844.5	0.13	U	141844.5	0.13	U
		U	139632.5	0.15	U	140764.5	0.13	U	141852.5	0.05	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN	141852.5	0.05	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN
138666.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	139635.5	0.53	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	140778.5	0.09	CH <sub>3</sub> OH	141855.5	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141855.5	0.04	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138675.5	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	139649.5	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140806.5	0.10	U	141861.5	0.15	U	141861.5	0.15	U
138680.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	139651.5	0.11	U	140815.5	0.31	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141864.5	0.17	U	141864.5	0.17	U
138699.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	139657.5	0.13	U	140819.5	0.14	U	141877.5	0.27	U	141877.5	0.27	U
		CH <sub>3</sub> OH	139661.5	0.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140821.5	0.11	U	141905.5	0.20	U	141905.5	0.20	U
138703.5	0.05	U	139695.5	0.26	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	140839.5	24.3	H <sub>2</sub> CO	141909.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	141909.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
138708.5	0.18	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	140869.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	141913.5	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	141913.5	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$
138723.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	139703.5	0.16	U	140876.5	0.10	U	141923.5	0.12	U	141923.5	0.12	U
138728.0	0.12	CCCS	139706.5	0.15	U	140880.5	0.11	SO <sup>18</sup> O	141926.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	141926.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
138730.5	0.12	SO <sup>18</sup> O	139710.5	0.11	U	140912.5	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	141939.5	0.07	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	141939.5	0.07	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138739.5	3.34	<sup>13</sup> CS	139734.5	0.11	SO <sup>17</sup> O	140923.5	0.07	U	141947.5	0.90	CH <sub>2</sub> CHCN	141947.5	0.90	CH <sub>2</sub> CHCN
138745.5	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	139772.5	0.10	U	140938.5	0.12	U	141958.4	0.88	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	141958.4	0.88	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	139779.5	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	140947.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
138751.0	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	139789.5	0.20	HD <sup>18</sup> O	140954.5	0.11	U	141967.6	0.27	U	141967.6	0.27	U
138771.5	0.18	H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O	139794.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	140960.5	0.21	U	141984.5	1.18	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO	141984.5	1.18	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO
138795.5	0.18	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	139803.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	140967.5	0.49	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	142000.1	0.17	H <sub>2</sub> CS	142000.1	0.17	H <sub>2</sub> CS
138805.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	139827.5	0.16	U			PN	142005.5	0.05	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	142005.5	0.05	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138817.5	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	139830.5	0.10	U	140976.5	0.13	U	142025.1	0.10	U	142025.1	0.10	U
		U	139835.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>	140991.5	0.15	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	142032.6	0.67	U	142032.6	0.67	U
138847.5	0.13	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	139851.5	0.15	U	140996.6	0.07	U	142047.7	0.30	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	142047.7	0.30	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
138853.5	0.11	CH <sub>2</sub> DCN	139855.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	141012.7	0.12	U	142053.9	0.71	U	142053.9	0.71	U
138878.5	0.22	CH <sub>2</sub> DCN	139862.5	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	141029.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	142065.2	0.06	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	142065.2	0.06	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
138884.5	0.18	U	139874.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	141038.8	1.88	HCOOCH <sub>3</sub>	142083.9	0.14	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub>			

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm												
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
142467.6	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	143170.1	5.66	CH <sub>3</sub> OH	144058.9	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	145223.9	0.92	SiS	
142473.9	0.77	CH <sub>2</sub> CHCN	143178.8	0.12	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	145243.9	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
142486.4	0.42	CH <sub>2</sub> CHCN	143193.9	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	144071.4	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	145246.4	0.13	U	
142498.9	0.12	U	143197.6	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144077.6	0.12	DCO <sup>+</sup>	145250.1	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
142501.5	0.14	CCS	143213.8	0.25	H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O	144096.4	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	145296.4	0.10	U	
142506.5	0.15	U	143218.9	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	144106.3	2.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN OC <sup>33</sup> S	145307.6	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$ HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^-$	
142508.5	0.15	U	143235.1	2.08	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	
142511.5	0.13	U	143241.4	2.12	HCOOCH <sub>3</sub>	144122.6	0.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	
142522.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN C <sup>36</sup> S	143263.8	0.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$ (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	144128.9	0.20	U	145318.9	0.11	U	
142528.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN	143275.1	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>	144156.4	0.11	U	145372.6	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
142537.5	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	143282.6	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	144172.6	0.11	U	145420.1	3.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
142555.5	0.02	<sup>28</sup> SiS	143290.1	0.15	U	144196.4	0.28	CH <sub>3</sub> OH	145447.6	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
142574.5	0.78	CH <sub>2</sub> CHCN	143303.9	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	144200.1	0.15	DCOOCH <sub>3</sub>	145477.6	0.65	O <sup>13</sup> CS	
142587.4	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143316.4	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	144207.6	0.14	DCOOCH <sub>3</sub>	145512.5	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
142593.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143338.9	4.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	145516.5	0.17	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1$	
142607.5	0.05	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143345.1	3.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144214.0	0.22	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	145545.5	0.58	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142609.5	0.07	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143358.9	4.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144245.1	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	145547.5	1.44	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142614.5	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$ CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	143378.8	0.46	HCOOCH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	144251.4	0.14	PO <sub>2</sub>	145550.5	1.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142621.5	0.51	NH <sub>2</sub> D	143385.1	1.88	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144271.3	0.56	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	145561.5	13.7	HCCN	
142625.5	0.97	HCOOCH <sub>3</sub>	143391.4	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	145582.5	0.11	HNC <sup>18</sup> O	
142632.5	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN	143395.2	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144282.6	0.34	U	145603.5	24.0	H <sub>2</sub> CO	
142636.5	0.12	U	143408.8	4.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144318.9	0.31	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 3$	145621.5	0.94	U	
142638.5	0.14	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	143426.3	0.14	U	144332.6	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	145653.4	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142641.5	0.11	U	143432.7	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144336.4	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	145655.5	0.19	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_5$	
142643.5	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143445.2	1.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144358.9	0.14	U	145660.5	0.19	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142655.5	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	144373.9	0.13	U	145676.5	0.84	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142655.5	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143457.6	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	144377.6	0.14	SO <sup>18</sup> O	145680.5	1.95	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142665.5	0.82	U	143462.7	0.20	U	144400.1	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	145683.5	1.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142671.5	0.08	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143475.1	0.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144428.9	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	145708.5	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	
142674.4	0.08	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OD	144438.8	0.11	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	145721.5	0.10	U	
142689.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143481.4	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144450.1	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	145728.5	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
142692.5	0.25	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143491.3	0.12	U	144465.2	0.12	U	145733.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
142702.5	0.63	NH <sub>2</sub> CHO	143496.4	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	144480.1	0.25	H <sup>+</sup> $4\beta$	145737.5	0.14	U	
142721.5	0.30	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	143508.5	3.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144485.2	0.16	U	145741.5	0.39	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	
142724.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143521.5	0.63	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144487.7	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	145751.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
142735.5	3.64	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	143531.5	3.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	144493.9	0.30	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	145756.5	2.43	HCOOCH <sub>3</sub>	
142745.5	0.36	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	143536.5	3.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144500.1	0.23	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	145766.5	5.29	CH <sub>3</sub> OH	
142756.5	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN	143550.1	0.14	U			U	145775.5	0.42	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142756.5	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN	143555.5	0.12	U	144503.5	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	145778.5	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
142760.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143559.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144506.4	0.12	CCCS	145801.5	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
142769.5	1.33	H <sub>2</sub> CCO	143568.4	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144518.5	0.09	SiS $\nu = 1$	145821.5	0.19	HDCS	
142776.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	143571.5	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144531.5	0.24	U	145837.5	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
142790.5	0.21	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	143577.5	0.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144553.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	145870.5	0.27	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	
142793.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	143600.6	1.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	144559.5	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	
142808.5	1.20	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	143603.6	2.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	144572.5	1.22	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 2$	145872.5	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
142817.5	3.84	HCOOCH <sub>3</sub>	143606.6	1.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	144580.4	0.48	U	145879.5	0.75	S <sup>18</sup> O	
142824.5	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	143617.4	1.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144584.5	0.95	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 2$	145903.5	0.12	CS $v = 1$	
142827.5	0.29	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	143628.5	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144590.5	2.81	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	145920.5	2.62	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	
142829.6	0.28	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	143638.5	0.25	U	144617.5	7.00	C <sup>34</sup> S	145947.5	12.2	OCS	
142839.5	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	143642.5	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	144660.5	0.13	U	145976.5	0.12	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	
142844.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	143647.5	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	144672.5	0.17	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	145989.5	0.11	U	
142847.5	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	143652.5	0.19	U	144675.5	0.12	U	145980.5	0.08	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	
142851.5	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	143660.5	0.25	U	144678.5	0.11	U			U	
142854.5	0.23	U	143664.5	0.42	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	144684.5	0.12	U	145985.6	0.04	H <sup>18</sup> OD	
142859.5	0.23	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	143668.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144699.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	
142872.5	0.11	U	143682.5	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144701.5	0.15	U	146004.1	0.03	HCO <sup>15</sup> OCH <sub>3</sub>	
142875.5	0.18	U	143696.5	0.22	U	144703.5	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	146015.2	0.83	HCOOCH <sub>3</sub>	
142883.5	0.44	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	143728.5	2.30	HDO	144706.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	146023.8	0.79	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	
142887.3	0.30	U	143742.5	0.75	CH <sub>3</sub> OD	144729.5	4.17	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
142892.4	0.12	CP	143752.5	0.13	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	144736.5	4.22	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	146043.9	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	
142897.5	0.91	HCOOCH <sub>3</sub>	143754.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			U	
142902.5	0.95	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	143760.6	1.00	CH <sub>2</sub> CHCN	144750.5	1.47	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	146055.1	0.18	U	
142915.5	0.76	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	143772.5	0.78	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	144768.5	1.52	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	146058.9	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
142926.5	1.92	HCOOCH <sub>3</sub>	143784.5	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	144808.5	0.10	U	146065.1	0.15	U	
142944.5	0.18	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	143795.5	0.27	<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>	144828.5	5.64	DCN	146075.1	0.16	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_5$	
142969.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	143799.5	0.48	U	144859.5	2.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HNC <sup>18</sup> O	
142981.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	143804.5	0.10	U	144862.5	1.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	146078.8	0.14	U	
142992.6	0.13	U	143818.5	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	144879.5	2.54	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	146093.8	0.11	U	
142996.4	0.11	U			CH <sub>3</sub> OH	144887.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>	146106.4	0.33	U	
142998.5	0.12	U	143866.5	12.07	CH <sub>3</sub> OH	144904.5	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>	146122.6	2.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
143001.5	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	143873.5	0.								



Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
146368.9	12.0	CH <sub>3</sub> OH	147326.4	0.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	148012.5	0.15	U	148962.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
146380.1	0.11	U			HCOOCH <sub>3</sub>	148014.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	148968.5	0.12	U
146385.1	0.12	U	147331.4	0.47	HCOOCH <sub>3</sub>	148016.4	0.11	U	149003.9	0.14	U
146391.4	0.10	U	147345.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	148024.5	0.21	U	149012.7	0.12	U
146396.4	0.18	SO <sub>2</sub>	147363.8	0.06	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	148028.9	1.95	HCOOCH <sub>3</sub>	149024.5	0.12	U
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147371.3	0.08	SO <sup>17</sup> O	148032.7	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	149022.6	0.20	CH <sub>3</sub> CHO
146406.4	0.42	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149028.9	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>
146415.2	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147377.0	0.08	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	148040.1	2.85	HCOOCH <sub>3</sub>	149051.4	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>
146431.3	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	147385.1	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	148046.4	1.98	HCOOCH <sub>3</sub>	149055.7	0.16	U
146440.1	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	147393.9	0.15	U	148052.6	0.10	U	149066.4	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>
146445.1	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	147397.7	2.19	CH <sub>3</sub> OH	148061.4	0.17	U	149075.1	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>
146448.9	0.17	U			HCOOCH <sub>3</sub>	148112.6	5.26	CH <sub>3</sub> OH	149078.8	0.12	U
146476.3	0.35	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	147406.4	1.52	HCOOCH <sub>3</sub>	148121.4	0.76	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	149081.4	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146485.1	0.34	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	147412.7	1.03	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	149088.9	0.10	HC <sub>3</sub> N
146496.4	0.29	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	147416.4	0.13	U	148125.1	0.24	SO <sup>18</sup> O	149108.8	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
146502.5	0.11	U	147423.8	0.16	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	148131.4	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	149120.1	0.19	U
146516.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>			U	148139.0	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	149123.9	0.10	U
146527.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	147427.6	0.33	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	148148.8	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	149152.6	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
146550.5	4.02	SO <sub>2</sub>	147452.7	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	148167.6	0.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 5$	149173.9	0.22	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH
146570.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	147457.7	0.83	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			SO <sup>17</sup> O	149191.4	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>
146572.5	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147477.6	1.12	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148173.9	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146580.4	0.53	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147486.4	0.21	U	148176.3	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	149203.9	0.12	U
146585.5	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	147496.4	0.11	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	149212.6	0.16	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
146588.5	0.86	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			DCOOCH <sub>3</sub>	148183.9	0.12	U	149220.1	0.13	U
146606.5	10.9	SO <sub>2</sub>	147514.5	0.34	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148190.1	0.31	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	149232.6	0.12	U
146619.5	14.9	CH <sub>3</sub> OH	147520.5	0.21	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148200.1	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149246.4	0.35	U
146636.5	2.35	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO	147524.5	1.48	HCOOCH <sub>3</sub>	148218.9	0.14	U	149251.3	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
146670.5	0.28	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	148223.9	0.48	NH <sub>2</sub> CHO	149296.4	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>
146678.5	1.56	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147531.5	0.17	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 5$	148233.9	0.11	U	149301.3	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146685.5	0.95	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147536.5	2.41	HCOOCH <sub>3</sub>	148242.6	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	149307.7	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>
146689.5	0.52	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147539.5	2.01	HCOOCH <sub>3</sub>	148280.1	0.14	U	149325.7	0.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146702.5	1.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147545.5	0.36	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148296.4	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	149328.9	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146705.5	1.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147550.5	0.32	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148305.1	0.18	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	149333.9	0.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146707.5	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147563.5	0.79	CH <sub>2</sub> CHCN	148316.3	0.11	<sup>18</sup> OCS	149346.4	0.10	U
146749.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	147570.5	0.64	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148321.3	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149368.9	0.16	U
146763.5	0.15	U	147576.5	0.40	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148327.6	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149383.9	0.13	U
146774.5	0.12	U	147585.5	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	148336.4	0.50	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	149392.6	0.15	U
146778.5	0.11	U	147591.5	1.34	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148341.3	0.11	U	149396.4	0.42	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146781.5	0.12	U	147596.5	1.27	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148347.6	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	149402.6	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
146786.5	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	147605.5	1.09	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148351.4	0.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	149407.7	0.21	U
		NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}=1$	147611.5	1.79	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148360.1	0.36	CH <sub>3</sub> OD	149425.1	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN
146796.5	0.13	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	147621.5	1.09	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148365.1	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	149432.6	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>
146800.5	0.14	U	147627.5	0.17	U	148368.9	0.11	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146855.5	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	147643.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	148377.6	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146863.5	0.27	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7+\nu_6$	147674.6	0.16	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	149440.1	0.44	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146866.5	0.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147682.5	0.65	HCOOCH <sub>3</sub>	148411.4	0.15	U	149473.9	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
146872.5	1.59	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147685.6	0.82	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	148420.1	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	149478.8	0.13	U
		NH <sub>2</sub> CHO			HCOOCH <sub>3</sub>	148431.4	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149485.1	0.11	U
146877.5	0.73	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147696.5	0.11	U	148438.8	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149498.9	0.11	U
146881.5	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 2$	147699.5	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	148445.1	0.18	U	149505.5	0.53	CH <sub>3</sub> CHO
146883.5	0.11	U	147703.5	0.13	U	148455.1	0.16	U	149507.5	0.54	CH <sub>3</sub> CHO
146896.5	2.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	147707.5	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	148462.6	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149512.5	0.18	U
146929.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sup>13</sup> CN	147711.5	0.10	U	148479.6	0.11	U	149519.5	0.16	U
146936.5	0.23	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	147718.5	1.96	HCOOCH <sub>3</sub>	148497.6	1.49	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		U	147728.5	1.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	148501.5	2.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	149533.5	7.48	CH <sub>3</sub> OH
146947.5	0.22	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	147731.5	5.57	HCOOCH <sub>3</sub>	148504.5	1.93	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	149542.5	0.11	U
		HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	148516.5	2.74	HCOOCH <sub>3</sub>	149560.5	0.97	CH <sub>2</sub> CHCN
146969.5	26.0	CS	147735.5	1.23	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	148527.6	0.11	U	149567.5	1.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146977.5	4.76	HCOOCH <sub>3</sub>	147758.5	2.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	148545.5	2.75	HCOOCH <sub>3</sub>	149570.5	2.93	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
146988.5	2.67	HCOOCH <sub>3</sub>	147761.5	2.80	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	148556.5	0.24	NH <sub>2</sub> CHO	149573.5	1.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
147002.6	0.19	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	148563.5	0.33	U	149581.5	0.10	U
147025.1	3.46	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	147786.5	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>	148567.5	0.33	NH <sub>2</sub> CHO	149592.5	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>
147032.6	0.19	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	147790.5	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	148575.5	0.68	U	149599.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>
147037.6	0.81	CH <sub>3</sub> CN	147795.5	0.11	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	148586.5	0.52	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	149603.5	0.10	U
147047.6	0.46	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	147802.6	0.11	U			HCOOCH <sub>3</sub>	149607.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
147057.7	0.63	H <sup>+</sup> 35 $\alpha$	147826.5	0.14	U	148590.5	0.76	U	149612.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	147831.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	148600.5	0.57	NH <sub>2</sub> CHO	149623.5	0.29	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	147846.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	148607.5	0.17	U	149650.5	0.10	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
147063.9	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	147852.5	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	148609.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	149655.5	0.12	U
147073.9	3.81	CH <sub>3</sub> CN	147858.5	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	148615.5	2.77	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	149659.5	0.15	U
147091.4	0.67	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	147866.6	0.30	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			HCOOCH <sub>3</sub>	149662.5	0.15	U
147105.1	4.35	CH <sub>3</sub> CN	147872.5	0.14	U	148627.5	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	149664.5	0.14	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
147113.9	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	147876.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	148630.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>	149669.5	0.12	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
147130.1	6.10	CH <sub>3</sub> CN	147879.5	0.11	U	148632.5	0.24	CH <sub>3</sub> OH	149677.5	0.15	U
147150.1	10.5	CH <sub>3</sub> CN	147883.5	0.25	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	148648.5	0.13	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	149685.5	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
147163.9	9.80	CH <sub>3</sub> CN	147885.5	0.18	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	149703.5	0.11	U
147175.1	14.5	CH <sub>3</sub> CN	147896.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	149711.5	0.19	U
147191.4	0.17	U	147900.5	0.16	U	148654.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	149713.5	0.22	U
147196.4	0.12	U	147905.5	0.30	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH						

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm														
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
149940.5	0.20	U	151176.3	0.34	HCOOH	151946.5	0.86	CH <sub>3</sub> CHCN	152671.5	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
149947.5	0.11	U	151187.7	0.10	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			
149991.4	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	151193.9	0.76	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	151950.5	3.25	HCOOCH <sub>3</sub>	152677.5	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150002.5	0.13	U	151227.6	0.14	U	151957.5	2.82	HCOOCH <sub>3</sub>	152688.5	0.14	U			
150025.1	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	151233.9	0.10	U	151962.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152692.5	0.17	U			
150042.6	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	151243.9	0.11	U	151978.5	0.17	U	152709.5	4.88	CH <sub>3</sub> OH			
150047.6	0.14	U	151258.9	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	151984.5	0.57	CH <sub>2</sub> CHCN	152725.5	0.15	U			
150058.9	0.18	U	151267.6	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	151987.5	1.13	HCOOCH <sub>3</sub>	152740.5	5.14	CH <sub>3</sub> OH			
150062.6	0.16	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	151275.1	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150071.4	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	151283.9	1.81	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	152005.1	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	152763.5	0.10	U			
150085.1	0.18	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	151306.3	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	152770.5	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$			
150101.4	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	151313.9	0.10	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	152008.9	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	152780.5	0.48	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$			
150142.6	5.42	CH <sub>3</sub> OH	151340.1	0.12	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	152017.6	0.17	U			HCOOCH <sub>3</sub>			
150163.9	1.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	152024.5	0.11	U	152789.5	0.14	U			
150176.4	0.90	H <sup>+</sup> 546	151351.4	0.24	U	152030.1	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN	152794.5	0.05	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN			
		NO	151358.9	0.94	CH <sub>2</sub> CHCN	152060.2	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	152800.5	0.43	HCOOCH <sub>3</sub>			
150198.9	0.36	NO	151380.1	7.98	SO <sub>2</sub>	152081.4	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN	152828.5	1.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150211.4	0.14	U	151413.9	0.35	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>	152831.5	2.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150218.9	0.35	NO			HCOOCH <sub>3</sub>	152085.2	0.69	U	152835.5	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150226.4	0.38	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	151417.6	0.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	152845.5	1.00	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
		NO	151421.4	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152091.4	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	152858.5	0.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150250.1	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	151425.2	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152102.6	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	152863.5	0.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
		H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^-$	151433.9	0.15	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	152108.9	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152873.5	0.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150283.9	0.20	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	151443.9	0.14	U			HCOOCH <sub>3</sub>	152880.5	0.13	U			
		CCCS	151457.6	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	152118.8	0.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152891.5	0.92	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150292.6	0.12	U	151466.4	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
150297.6	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	151496.4	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	152122.6	0.40	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	152896.5	0.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150301.4	0.18	SO <sup>18</sup> O	151511.5	0.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152127.6	0.87	CH <sub>2</sub> CHCN	152903.5	0.13	U			
150307.6	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	151514.5	0.91	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152135.1	0.28	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	152938.5	0.13	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_1 = 1$			
150335.1	0.14	U	151516.5	0.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152143.9	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
150382.6	3.61	SO <sub>2</sub>	151541.5	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> CHCN	152955.5	0.93	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			
150400.1	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	151548.5	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150416.4	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	151553.5	0.26	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	152161.4	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	152964.6	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>			
150421.4	0.10	U	151563.5	0.22	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	152187.6	0.34	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	152972.5	0.74	U			
150438.9	0.29	NO			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152991.4	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>			
150450.1	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	151572.5	0.89	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	153002.5	0.24	U			
150455.1	0.10	U	151582.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	153016.4	0.94	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			
150461.3	0.10	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^+$			U	152197.6	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	153027.6	0.73	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150470.1	0.39	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	151591.5	1.27	CH <sub>3</sub> CHO			HCOOCH <sub>3</sub>	153033.9	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
		<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>	151594.5	1.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152202.6	0.07	CH <sub>2</sub> CHCN	153055.1	4.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150498.9	22.8	H <sub>2</sub> CO	151597.6	1.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	152227.6	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153097.6	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
150527.0	0.30	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	151617.5	0.19	HDO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	153128.9	0.65	U			
150535.5	0.59	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	152242.6	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	153165.1	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150539.5	0.38	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152246.4	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	153227.6	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>			
150548.5	1.11	NO	151628.5	0.45	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152263.9	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	153273.9	3.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	151631.5	0.25	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152267.6	0.15	U	153282.6	8.10	CH <sub>3</sub> OH			
150558.5	0.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	151640.5	0.42	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152271.4	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN	153292.6	3.02	HCOOCH <sub>3</sub>			
150581.0	0.30	NO	151647.5	0.79	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152278.9	0.22	SO <sup>18</sup> O			HNCO			
150594.5	1.09	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	152300.1	3.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153301.3	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>			
150601.5	2.74	HCOOCH <sub>3</sub>	151654.5	0.52	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152306.4	4.95	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153325.1	0.66	CH <sub>3</sub> OD			
150608.5	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	151662.5	0.29	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153351.4	3.91	HCOOCH <sub>3</sub>			
150618.5	2.50	HCOOCH <sub>3</sub>	151679.5	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153386.4	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
150637.5	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>	151681.5	0.19	U	152322.6	2.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153398.9	3.97	HCOOCH <sub>3</sub>			
150644.5	0.42	NO	151684.5	0.31	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	152331.4	3.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153416.4	0.15	U			
150651.4	0.12	U	151696.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152345.1	1.79	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153423.9	0.17	U			
150687.5	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			DCOOCH <sub>3</sub>	152366.4	0.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153427.6	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>			
150691.5	0.08	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	151699.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152373.9	1.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153432.6	0.56	NH <sub>2</sub> CHO			
150698.5	0.13	U	151706.5	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	152393.9	4.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153450.1	0.10	CCS			
150701.5	0.10	U	151708.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153453.9	0.23	U			
150704.5	0.38	U	151711.5	0.13	DCOOCH <sub>3</sub>	152407.6	1.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	153461.4	1.12	HCOOCH <sub>3</sub>			
150712.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>			U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153463.8	0.84	U			
150735.5	0.17	NNO	151714.9	0.12	U	152418.9	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	153488.9	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
150738.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	151718.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>	152425.1	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	153497.6	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>			
150769.5	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	151722.5	0.32	U	152437.6	0.43	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	153513.5	3.29	HCOOCH <sub>3</sub>			
150775.5	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	151724.6	0.32	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	153519.5	3.81	HCOOCH <sub>3</sub>			
150782.5	0.03	OC <sup>36</sup> S	151726.5	0.31	U	152443.9	3.88	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>2</sub> CHCN			
150787.5	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	151734.5	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152450.1	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	153529.5	0.24	U			
150808.5	0.10	U	151739.5	0.37	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	153536.5	0.10	U			
150821.5	0.22	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	151746.5	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	152463.8	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	153546.5	0.13	U			
150824.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	151756.5	0.32	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	153553.5	2.93	HCOOCH <sub>3</sub>			
150849.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	151761.5	0.29	U	152470.1	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	153567.5	3.16	HCOOCH <sub>3</sub>			
150852.5	0.55	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	151763											

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
153769.5	0.33	CH <sub>3</sub> CCH	154885.5	0.22	HDCS	155827.5	0.10	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7$ + $\nu_5$	156748.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
153776.5	0.15	U	154892.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	155832.5	0.10	U	156759.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>
153783.5	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	154899.5	0.25	SO <sub>2</sub> $\nu_2$ = 1	155837.5	0.19	$g^+ - CH_3CH_2OH$	156761.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
153791.5	0.94	CH <sub>3</sub> CCH	154903.4	0.18	U	155855.5	0.13	$t - CH_3CH_2OH$	156764.5	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
153798.5	0.11	$g^- - CH_3CH_2OH$	154907.4	0.21	CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1	155865.5	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U
153805.5	0.89	CH <sub>3</sub> CCH	154912.5	0.56	HC <sub>3</sub> N $\nu_6$ = 1	155869.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	156773.5	0.10	U
153810.5	0.18	U	154919.5	0.11	U	155873.5	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	156782.5	0.14	U
153814.5	1.35	CH <sub>3</sub> CCH	154923.5	0.12	U	155880.5	0.29	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	156787.5	0.12	U
153817.5	1.64	CH <sub>3</sub> CCH	154926.5	0.13	SO <sub>2</sub> $\nu_2$ = 1			$g^+ - CH_3CH_2OH$	156798.5	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
153820.5	2.22	HNCO	154930.5	0.28	$g^- - CH_3CH_2OH$	155883.5	0.12	U	156829.5	14.6	CH <sub>3</sub> OH
153827.4	0.20	U	154956.5	0.15	U	155891.5	0.24	U	156842.5	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
153848.5	0.26	U	154961.5	0.11	U	155901.4	0.28	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 3	156857.5	0.22	U
153852.5	0.18	U	154964.5	0.32	CH <sub>3</sub> OD			HCOOCH <sub>3</sub>	156860.5	0.15	U
153865.5	5.71	HNCO	154969.5	0.11	U	155917.5	0.79	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	156874.5	0.38	U
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	154972.5	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	155928.6	0.19	U	156886.5	0.10	U
153881.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	154978.5	0.15	HDCS	155933.5	0.11	U	156889.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
153895.5	0.14	U	154985.5	2.92	HCOOCH <sub>3</sub>	155943.6	0.12	U			U
153906.5	0.32	U	154993.9	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	155945.5	0.11	U	156940.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
153919.5	0.32	U	155002.6	1.90	HCOOCH <sub>3</sub>	155957.5	0.17	H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O	156947.5	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>
153928.5	0.07	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	155022.6	0.22	U	155970.5	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	156954.5	0.35	$t - CH_3CH_2OH$
153938.5	0.12	U	155025.5	0.15	U	155978.5	0.27	$g^+ - CH_3CH_2OH$	156966.5	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>
154002.6	0.67	HC <sup>13</sup> CCN	155038.9	3.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 1			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	156971.5	0.45	CH <sub>2</sub> DCN
154010.1	0.23	U	155060.1	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH	155988.5	0.20	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	156976.5	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>
154017.6	0.59	HCC <sup>13</sup> CN	155076.4	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			$g^+ - CH_3CH_2OH$	156982.5	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>
154027.6	0.35	CH <sub>3</sub> CHO	155097.7	0.08	HDCS	155998.9	12.0	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CCS
154035.2	0.05	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	155126.4	1.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH	156998.9	0.16	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
154068.9	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	155128.9	1.43	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	156013.9	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	157001.5	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO $\nu_{11}$ = 1	155132.6	1.01	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	156032.6	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	157007.6	0.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
154111.4	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	155146.3	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	156035.2	0.55	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
154143.9	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	155170.2	0.13	U	156051.3	0.14	NH <sub>2</sub> D	157008.9	0.16	DCOOCH <sub>3</sub>
154147.7	0.17	CH <sub>3</sub> CHO	155175.1	0.14	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	157013.8	0.15	DCOOCH <sub>3</sub>
154151.4	0.13	CH <sub>3</sub> CHO	155180.1	0.31	CH <sub>3</sub> CHO	156058.9	0.08	U			U
154162.6	0.22	CH <sub>3</sub> CHO	155186.4	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	156065.1	0.07	CCCS	157022.6	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
154176.4	0.11	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10}$ = 1	155203.9	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	156091.4	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	157035.2	0.15	U
154183.9	0.12	CH <sub>3</sub> CHO			U	156093.8	0.32	<sup>32</sup> SO <sub>2</sub>	157037.7	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
154188.8	0.17	CH <sub>3</sub> CHO	155212.6	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1			$g^+ - CH_3CH_2OH$	157049.5	8.98	CH <sub>3</sub> OH
154201.4	0.25	CH <sub>3</sub> CHO	155221.4	0.09	U	156108.9	0.11	U	157072.7	0.13	HC <sub>3</sub> N
154211.3	0.11	U	155230.1	0.28	U	156117.6	0.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	157092.5	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>
154216.4	0.17	CH <sub>3</sub> CHO	155235.0	0.39	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			OC <sup>33</sup> S	157100.1	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 5
154230.1	0.21	CH <sub>3</sub> CHO	155247.7	0.15	U	156128.8	9.49	CH <sub>3</sub> OH	157103.8	0.14	U
154246.4	3.06	OC <sup>34</sup> S	155261.5	3.61	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 1	156141.4	0.31	U	157117.6	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	156145.1	0.11	U			NH <sub>2</sub> CHO
154262.6	0.12	U	155275.1	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	156148.9	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	157137.7	1.00	SO <sub>2</sub>
154275.2	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	156155.1	0.28	SO <sup>17</sup> O	157147.6	0.11	U
		CH <sub>3</sub> CHO	155277.6	0.09	U	156161.4	0.12	HC <sub>3</sub> N 3 $\nu_7$ + $\nu_5$	157180.1	9.96	CH <sub>3</sub> OH
154297.6	0.23	CH <sub>3</sub> CHO	155286.4	0.14	U	156166.4	0.55	HCOOCH <sub>3</sub>	157206.4	0.17	SO <sup>18</sup> O
154303.8	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	155291.4	0.17	U	156173.9	4.01	CH <sub>3</sub> OH	157213.9	0.14	U
154310.1	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	155295.1	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	157225.1	0.15	U
154318.9	0.22	U	155321.4	7.81	CH <sub>3</sub> OH	156187.6	1.91	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	157232.6	0.13	U
154322.7	0.43	CH <sub>3</sub> CHO	155342.6	0.36	CH <sub>3</sub> CHO	156196.3	0.15	HC <sub>3</sub> N 3 $\nu_7$ + $\nu_5$	157246.4	9.48	CH <sub>3</sub> OH
154332.6	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	155372.7	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	156208.9	0.11	CH <sub>2</sub> DCN	157257.6	0.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
154346.4	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	155391.4	3.29	SO <sub>2</sub>	156237.6	0.23	CH <sub>2</sub> DCN	157272.6	12.3	CH <sub>3</sub> OH
		HCOOCH <sub>3</sub>	155406.4	3.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	156260.2	0.26	CH <sub>2</sub> DCN	157276.4	10.3	CH <sub>3</sub> OH
154385.1	0.11	SO <sup>18</sup> O	155421.4	0.67	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	156281.4	0.58	CH <sub>2</sub> DCN	157286.4	0.60	U
154388.9	0.15	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7$ = 1 <sup>-</sup>	155428.8	3.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	156287.6	1.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	157297.7	0.07	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>
154393.9	0.10	U	155447.6	0.17	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ + $\nu_6$			CH <sub>2</sub> DCN			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
154416.3	2.87	HNCO	155455.1	0.14	CCS	156293.8	0.31	U	157327.6	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
154426.4	8.47	CH <sub>3</sub> OH	155465.1	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	156300.1	1.88	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	157338.9	0.10	U
154440.2	0.17	U	155480.1	0.18	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ + $\nu_6$	156306.4	0.42	CH <sub>2</sub> DCN	157346.4	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
154456.3	1.64	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	155509.0	4.93	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	156311.4	0.20	$g^- - CH_3CH_2OH$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154477.6	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	155526.4	0.24	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	156343.8	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	157351.4	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154483.8	0.14	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_1$ = 1	155533.4	0.18	CH <sub>3</sub> OD			SHD			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
154521.5	0.13	U	155541.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	156346.4	0.32	SHD	157367.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154550.1	0.05	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	155543.5	0.13	U	156357.6	1.70	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	157383.8	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154559.5	0.26	H <sup>+</sup> 43 $\beta$	155549.5	1.34	CH <sub>3</sub> OH	156368.8	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 2
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	155557.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	156375.0	0.94	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	157392.1	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154576.5	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	155560.1	0.13	U	156378.8	2.20	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
154585.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	155566.5	0.27	U	156397.6	0.48	HCOOCH <sub>3</sub>	157413.9	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
154591.5	0.14	HC <sup>15</sup> CCN $\nu_7$ = 1	155599.5	0.78	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	156401.4	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOH
154596.4	0.12	U	155606.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	156441.4	0.15	U	157416.4	0.09	U
154611.5	0.19	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	155615.5	0.40	CH <sub>2</sub> DCN	156450.1	0.16	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	157422.7	0.26	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
		HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7$ = 1	155618.5	0.53	HCOOH	156473.9	0.24	$g^+ - CH_3CH_2OH$			HCOOH
		SO <sup>17</sup> O	155628.5	0.71	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 2	156490.1	12.5	CH <sub>3</sub> OH	157431.4	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
154637.5	0.30	NH <sub>2</sub> D	155639.5	0.69	HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 2	156521.5	0.17	U	157443.9	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	155646.4	0.14	U	156527.5	0.09	U	157456.4	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
154657.5	14.0	HCCCN	155653.5	1.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	156546.5	0.04	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>			HCOOH
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			HC <sub>3</sub> N $\nu_7$ = 2	156553.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	157471.4	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
154679.5	0.13	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_1$ = 1	155663.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	157475.1	0.10	U
154681.4	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	155669.5	0.23	U	156566.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	157478.8	0.11	U
154684.5	0.10	U	155677.5	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	156581.5	0.12	HC <sub></sub>			

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies
157599.5	0.68	O <sup>13</sup> CS	158758.5	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159875.5	0.10	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN	160799.5	1.32	HCOOCH <sub>3</sub>
157613.5	0.12	U	158761.5	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159890.5	3.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	160804.5	2.13	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
157636.5	0.10	OCS $\nu_2 = 1$	158779.5	0.16	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	159923.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160828.5	26.3	SO <sub>2</sub>
157641.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	158789.5	0.16	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	159931.5	1.23	HCOOCH <sub>3</sub>	160846.4	0.33	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
157662.5	0.07	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	158813.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159936.5	0.12	U	160849.5	0.37	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
157679.5	0.11	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	158821.5	0.15	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	159943.6	1.89	HCOOCH <sub>3</sub>	160852.5	0.15	U
		SO <sup>18</sup> O	158824.5	0.12	U	159946.5	1.32	HCOOCH <sub>3</sub>	160862.5	0.11	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
157681.5	0.10	U	158826.5	0.15	U	159956.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			U
157689.5	0.13	SO <sup>17</sup> O	158831.5	0.31	U	159965.5	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160909.5	0.10	U
157693.5	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	158840.5	0.50	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159967.5	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	160921.5	0.14	U
157699.5	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	158846.5	0.17	SO <sub>2</sub>	159987.5	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	160927.5	0.15	SO <sup>18</sup> O
157731.5	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	158854.5	0.35	U	159992.6	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160929.6	0.15	U
157742.5	0.13	U	158857.5	0.13	U	160028.9	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	160934.5	0.14	U
157754.5	0.12	U	158876.5	0.11	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	160936.5	0.13	U
157764.5	0.19	U	158888.5	0.13	U	160052.6	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	160938.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
157789.5	0.15	U	158891.6	0.11	U	160058.9	0.15	U	160945.5	1.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
157805.0	0.13	U	158898.4	0.11	U	160062.7	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
157807.5	0.18	U	158904.5	0.24	OC <sup>17</sup> O	160070.1	0.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	160948.5	0.32	U
157810.5	0.19	U			160078.9	0.17	U			HCOOCH <sub>3</sub>	
157814.5	0.42	U	158906.5	0.22	U	160088.9	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	160953.5	1.01	HCOOCH <sub>3</sub>
157818.5	0.13	U	158916.5	0.10	U	160102.7	0.19	U	160959.5	0.24	U
157844.5	0.13	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	158935.5	0.50	U	160118.9	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160965.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
157848.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	158972.5	30.9	SO	160142.6	2.60	H <sub>2</sub> CCO	160972.5	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
157854.5	0.39	U	158983.9	0.77	U			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	160976.5	0.41	U
157860.5	0.11	U	159002.6	0.15	U	160180.1	2.16	HCOOCH <sub>3</sub>	160988.5	0.11	U
157863.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	159007.6	0.34	U	160193.9	5.34	HCOOCH <sub>3</sub>	160991.5	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
157876.6	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159032.6	0.23	CH <sub>3</sub> OH	160205.1	1.90	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	161003.9	0.09	U
157887.5	0.39	HCOOCH <sub>3</sub>	159068.9	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	160211.4	0.22	U	161023.9	0.09	U
157891.5	0.15	U	159090.1	0.14	U	160218.9	0.42	H <sup>+</sup> 34 $\alpha$	161032.6	0.22	NH <sub>2</sub> D
157897.5	0.61	U	159103.9	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	160236.3	0.44	U	161037.6	0.20	U
157930.5	0.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	160250.1	0.13	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	161055.1	0.24	U
157933.4	1.46	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160278.9	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	161065.1	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
157936.0	0.80	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	159110.1	0.44	U	160286.4	0.45	He <sup>+</sup> 34 $\alpha$	161091.3	0.74	U
157974.5	0.29	CH <sub>3</sub> CHO	159118.9	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	160308.9	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	161100.1	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
157979.5	0.14	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	160315.1	0.22	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	161106.4	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
157990.1	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159135.1	0.13	U	160321.4	0.23	U	161120.1	0.98	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158004.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	159140.1	0.21	U	160343.9	16.4	SO <sub>2</sub>	161140.1	0.12	CH <sub>2</sub> DCCH
158013.9	0.17	U	159172.6	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	160368.9	0.41	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	161146.3	0.22	U
158020.5	0.11	U	159180.1	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	161152.7	2.06	HCOOCH <sub>3</sub>
158022.6	0.12	HDCS	159186.4	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	160375.1	0.62	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	161162.6	0.12	U
158026.4	0.31	U	159200.1	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	160398.9	0.23	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	161172.6	2.29	HCOOCH <sub>3</sub>
158030.5	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	159210.2	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160408.9	0.21	DCCCN	161191.4	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158035.2	0.14	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	159237.7	0.21	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	161198.9	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
		HCOOCH <sub>3</sub>	159248.9	0.42	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160412.6	0.13	U	161208.8	0.16	U
158041.4	0.25	U	159283.9	0.32	U	160430.1	0.18	U	161230.1	0.20	U
158050.1	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	159286.4	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160445.1	0.15	U	161237.6	0.14	U
158056.3	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	159311.4	0.12	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^+$	160451.3	0.13	U	161263.9	6.70	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158065.1	0.11	U			DCOOCH <sub>3</sub>	160460.1	0.25	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
158083.9	0.10	U	159317.6	0.43	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	160465.1	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161267.7	5.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158087.0	0.11	U	159321.4	0.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	160470.1	0.23	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161273.9	7.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158108.9	10.6	OCS	159323.9	0.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	160473.9	0.28	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159332.7	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	160478.9	0.23	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
158123.9	0.30	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	159366.4	0.13	U	160485.1	0.23	U	161282.7	4.79	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159395.1	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	160487.6	0.23	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
158176.4	0.61	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	159402.7	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	160493.9	0.15	U	161290.1	1.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158201.4	13.4	SO <sub>2</sub>	159410.1	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	160502.5	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161306.4	6.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158228.9	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	160508.5	2.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158241.4	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	159415.2	0.26	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	161335.2	2.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158261.4	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160518.6	1.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158297.6	0.35	HCOOCH <sub>3</sub>	159423.9	0.28	U	160522.5	2.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	161340.1	1.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158301.4	0.26	OCS $\nu_2 = 1$	159430.1	0.49	S <sup>18</sup> O	160525.5	1.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	161360.1	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158312.6	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	159438.9	0.56	CH <sub>3</sub> OD	160532.4	1.05	HCOOCH <sub>3</sub>	161370.1	1.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158335.0	0.03	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	159442.6	0.41	U	160543.6	3.96	SO <sub>2</sub>			NS
158338.9	0.02	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159450.1	1.56	SO <sub>2</sub>	160559.5	0.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161383.3	5.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158351.4	0.04	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159472.7	0.40	U			CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	161400.1	2.37	CH <sub>2</sub> CHCN
		U	159481.4	0.13	U	160570.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	161405.1	2.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158367.6	0.05	U	159501.6	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	160579.5	2.95	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
158381.4	0.28	U	159513.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	160586.5	3.83	HCOOCH <sub>3</sub>	161408.8	2.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158391.4	0.67	U	159525.5	0.57	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	161416.4	3.07	CH <sub>2</sub> CHCN
158403.9	0.10	U	159528.5	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	160591.5	3.11	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
158407.6	0.03	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159532.5	0.10	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	160602.6	3.47	HCOOCH <sub>3</sub>	161422.6	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
158420.1	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	159537.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	160612.5	0.20	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	161432.6	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
158433.9	0.55	U	159559.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	160621.5	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161447.6	2.03	CH <sub>2</sub> CHCN
158438.9	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	159564.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	161452.6	2.53	CH <sub>2</sub> CHCN
158466.4	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	159571.5	0.14	CH <sub>3</sub> OD	160628.6	0.11	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		OCS $\nu_2 = 1$	159577.5	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>	160654.5	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159582.5	0.79	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CHCN	161458.9	3.49	HCOOCH <sub>3</sub>
158480.1	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	159593.5	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	160661.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	161465.1	1.00	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	159605.5	0.46	U	160673.5	0.20	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	161477.6	4.58	

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm								
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
161602.5	1.37	H <sub>2</sub> CO	162353.9	0.35	U	163468.9	0.15	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^-$
161609.5	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	162367.6	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163498.9	0.20	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
161613.5	0.37	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	162371.3	0.26	U	163504.5	0.14	U
161621.5	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162378.9	0.06	OC <sup>36</sup> S	163516.5	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>
161627.5	1.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162411.4	1.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	163526.6	0.20	U
161632.5	2.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162477.6	3.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163542.5	0.26	U
161634.4	1.89	H <sub>2</sub> CO	162488.9	0.37	U	163546.5	1.06	U
161644.5	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162503.5	0.11	U	163556.5	0.11	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN
161645.5	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	162530.5	7.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	163559.5	0.12	U
161655.4	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162537.5	0.23	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	163561.5	0.18	U
161658.5	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162543.5	0.19	U	163569.5	0.73	SO <sub>2</sub>
161665.5	0.55	H <sub>2</sub> CO	162548.5	0.12	U	163577.4	0.16	U
161675.5	0.31	U	162564.5	0.51	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	163581.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
161683.4	1.17	NH <sub>2</sub> D	162588.4	0.13	U	163606.5	18.5	SO <sub>2</sub>
161691.5	1.73	CH <sub>2</sub> CHCN	162594.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	163626.5	0.14	U
161698.5	2.01	NS	162598.5	0.60	HCOOH	163649.5	0.12	U
161704.5	2.44	NS	162622.5	0.30	NH <sub>2</sub> D	163678.5	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
161713.5	1.43	CH <sub>2</sub> CHCN	162654.5	0.12	NS	163686.0	0.36	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 1$
161725.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162660.5	0.31	NS	163691.5	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
161737.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162669.5	0.45	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	163704.5	0.25	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
161753.6	0.16	U	162675.5	0.21	NS	163708.4	0.10	U
161759.5	0.12	CH <sub>2</sub> DCCH	162686.5	0.11	U	163722.5	0.12	U
161789.5	0.78	CH <sub>2</sub> CHCN	162694.5	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163754.5	14.1	HCCCN
161802.5	0.37	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	162707.5	0.19	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	163804.5	0.19	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
161815.5	0.14	CH <sub>2</sub> DCCH	162728.5	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	163830.5	3.82	HCOOCH <sub>3</sub>
161827.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162748.5	0.48	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	163836.5	3.50	HCOOCH <sub>3</sub>
161831.5	0.34	CH <sub>3</sub> OH	162760.6	0.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	163859.5	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$
161835.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162769.5	5.49	HCOOCH <sub>3</sub>	163873.4	1.48	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
161846.5	0.98	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162775.5	5.90	HCOOCH <sub>3</sub>	163881.5	0.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
161865.5	0.67	CH <sub>2</sub> CHCN	162812.5	0.64	HCOOCH <sub>3</sub>	163887.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
161876.5	0.67	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	162826.5	0.15	U	163918.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>13</sup> N
161889.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162831.5	0.10	U	163921.5	0.13	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
161900.5	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	162848.5	0.13	U	163926.5	1.79	HCOOCH <sub>3</sub>
161905.5	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162852.5	0.21	U	163950.5	3.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
161908.4	0.28	U	162863.5	0.11	U	163962.5	5.17	HCOOCH <sub>3</sub>
161913.5	0.92	U	162871.5	1.26	U	163985.5	4.98	HCOOCH <sub>3</sub>
161917.5	0.35	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	162879.5	0.47	U	164016.4	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 + \nu_4$
161928.5	1.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	162884.5	0.41	U	164023.9	1.62	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$
161953.5	0.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162888.5	0.23	U	164031.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
161959.5	0.13	U	162913.5	0.55	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	164035.1	0.81	U
161964.5	0.12	U	162917.5	0.47	U	164051.4	0.15	U
161970.5	1.12	U	162926.5	0.43	HCOOCH <sub>3</sub>	164058.9	0.13	U
161980.5	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162935.5	0.26	U	164068.9	0.12	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 2$
161986.5	0.36	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	162946.5	0.09	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	164086.4	0.33	OH
162005.1	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	162950.5	0.12	U	164103.9	0.11	U
162009.5	0.80	HCOOCH <sub>3</sub>	162959.5	0.75	H <sup>+</sup> 48 $\gamma$	164140.1	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
162021.4	2.77	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	162977.5	0.34	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	164157.6	2.33	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$
162053.9	0.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	163001.3	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	164183.9	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
162058.9	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>	163010.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	164195.2	0.40	HNCS
162065.1	0.46	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	163018.9	4.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	164200.1	0.20	U
162073.3	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163038.9	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	164206.4	2.61	HCOOCH <sub>3</sub>
162080.1	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	163042.7	0.25	U	164225.1	2.32	HCOOCH <sub>3</sub>
162086.3	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	163046.4	0.14	U	164236.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
162092.6	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	163060.2	0.70	HC <sup>13</sup> CCN	164282.6	0.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
162097.6	0.47	CH <sub>2</sub> CHCN	163076.4	0.79	HCC <sup>13</sup> CN	164288.9	0.82	CH <sub>2</sub> CHCN
162130.1	1.04	HCOOCH <sub>3</sub>	163086.4	0.93	HCOOCH <sub>3</sub>	164300.1	1.81	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$
162136.4	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163121.4	11.1	SO <sub>2</sub>	164311.4	0.19	U
162152.7	0.16	U	163143.9	0.84	U	164338.9	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
162171.4	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163151.4	0.14	U	164355.1	0.26	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
162177.6	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163155.1	0.93	DNCO	164368.9	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
162187.6	0.32	CH <sub>3</sub> OD	163161.4	1.37	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	164392.7	2.45	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$
162192.6	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163170.1	0.26	DNCO	164408.9	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
162200.1	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	163186.4	0.96	H <sub>2</sub> CCO	164417.6	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$
162207.6	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163203.9	0.12	U	164446.4	0.16	U
162222.6	0.28	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	163212.7	0.14	U	164487.6	1.02	CH <sub>3</sub> O
162248.9	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	163220.1	0.23	U	164512.5	0.14	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
162255.1	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	163227.6	0.24	U	164518.5	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
162275.1	0.13	U	163245.1	0.25	U	164528.5	0.27	U
162280.1	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	163283.9	0.22	CH <sub>3</sub> OH	164532.5	0.69	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
162308.8	0.25	U	163290.1	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	164547.5	1.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
162321.4	0.21	U	163300.1	1.18	CH <sub>2</sub> CHCN	164555.5	0.18	U
162330.1	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	163308.8	0.19	U	164586.5	2.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
162337.6	0.40	HSC	163322.5	0.16	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_6 = 1^-$	164616.5	0.17	U
162345.1	0.14	U	163326.4	0.15	U	164620.5	0.40	DCOOCH <sub>3</sub>
			163341.4	0.11	U	164626.5	0.37	HCOOCH <sub>3</sub>
			163372.7	1.42	HCOOCH <sub>3</sub>	164631.5	0.38	S <sup>17</sup> O
			163400.1	0.03	SiS	164670.0	2.69	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
			163417.6	0.08	CH <sub>3</sub> OH	164717.5	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
			163422.6	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	164723.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
			163428.9	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	164733.5	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
			163437.6	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	164736.5	0.10	U
			163446.3	0.17	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 1^-$	164747.5	0.15	SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$
			163465.1	0.36	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_6 = 1 / \text{HCOOCH}_3$	164752.5	0.15	U
						164756.4	0.24	U
						164762.5	0.17	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$
								Continúa en la siguiente página

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm															
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
165783.5	0.14	CH <sub>3</sub> C <sup>18</sup> CH		166534.5	0.17	U		167490.1	0.13	U		168088.9	0.50	CH <sub>3</sub> CHO	
165786.0	0.11	H <sub>2</sub> CN $\nu_7 = 4$		166536.5	0.18	U		167496.4	0.17	U		168093.9	0.52	CH <sub>3</sub> CHO	
165797.5	0.11	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH		166546.5	0.27	U		167508.5	0.76	H <sup>13</sup> CCCN		168100.1	0.18	U	
165801.5	0.11	U		166557.5	0.19	U				H <sup>+</sup> 52 $\delta$		168107.6	0.14	U	
165805.5	0.21	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166561.4	0.19	U		167520.5	0.17	U		168112.6	0.12	U	
		H <sub>2</sub> CN $\nu_7 = 4$		166570.5	2.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		167528.5	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		168118.9	0.15	U	
		<sup>32</sup> SiO		166636.5	0.11	U		167532.4	0.25	U		168123.9	0.56	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
165809.5	0.12	U		166645.5	0.11	U		167543.5	0.27	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS				OC <sup>33</sup> S	
165813.5	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		166655.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>		167564.5	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		168131.3	0.12	U	
165821.5	0.10	U		166659.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		167569.5	0.50	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O		168138.9	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
165825.5	0.23	H <sub>2</sub> CN $\nu_7 = 4$		166662.5	0.21	CCS		167583.5	0.20	U		168141.3	0.15	U	
165842.5	0.13	U		166667.5	0.12	U		167588.5	0.42	U		168156.4	1.67	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
165844.5	0.11	U		166679.5	0.16	H <sub>2</sub> CN $\nu_7 = 5$		167593.5	0.16	U		168188.9	0.76	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	
165851.5	2.42	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N		167599.5	0.40	U		168196.3	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	
165857.5	0.25	U		166684.5	0.44	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		167601.5	0.29	DCOOCH <sub>3</sub>		168202.6	0.12	U	
165859.5	0.24	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$				HCOOCH <sub>3</sub>				U		168211.3	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	
165862.5	0.24	SO <sup>18</sup> O		166699.5	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>		167605.5	0.20	DCOOCH <sub>3</sub>		168220.1	0.10	U	
165868.5	1.19	CH <sub>2</sub> CHCN		166706.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				U		168225.1	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	
165877.5	0.12	U		166729.5	0.12	H <sub>2</sub> CN $\nu_7 = 6$		167613.5	0.13	U		168242.7	0.06	U	
165884.5	0.15	HCOOD		166734.5	0.11	U		167616.5	0.19	U		168248.9	0.29	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
165891.5	0.12	U		166736.5	0.14	U		167619.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN				<sup>13</sup> CCH	
165893.5	0.13	U		166745.5	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN		167622.4	0.24	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		168256.4	0.12	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
165895.5	0.12	U		166758.5	0.29	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				CCCS				U	
165898.5	0.12	U		166774.5	4.19	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$		167634.5	0.17	U		168268.9	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
165909.5	1.85	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166781.5	0.10	U		167638.5	0.10	U		168271.4	0.12	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
165918.5	0.17	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166786.5	0.17	U		167643.5	0.15	U				U	
165921.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>		166788.5	0.19	U		167646.5	0.13	U		168277.7	0.23	<sup>13</sup> CCH	
165926.5	0.12	U		166796.5	0.26	U		167650.5	0.18	H <sub>2</sub> C <sup>33</sup> S		168283.8	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	
165933.5	0.18	U		166799.5	0.23	U		167652.5	0.14	U		168291.3	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
165938.5	0.13	U		166808.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167656.5	0.14	SO <sub>2</sub>		168322.6	1.92	<sup>13</sup> CCH	
165941.5	0.15	U		166819.5	0.10	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>		167660.5	0.19	U				<sup>33</sup> SH <sub>2</sub>	
165943.5	0.14	U				U		167662.5	0.19	U		168331.4	1.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
165946.5	0.15	U		166825.5	0.10	U		167666.5	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				<sup>13</sup> CCH	
165950.5	0.73	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166844.5	0.38	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$		167672.5	0.12	U		168346.3	0.17	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$	
165953.5	0.45	U		166852.5	0.45	U		167681.5	1.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				HCOOCH <sub>3</sub>	
165958.5	0.50	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166874.8	0.10	U		167686.5	0.39	HCOOCH <sub>3</sub>		168378.9	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	
165964.6	0.42	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$		166899.5	14.6	CH <sub>3</sub> OH		167692.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>		168386.4	0.32	U	
165970.5	0.18	U		166917.4	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167696.5	0.27	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		168400.1	0.13	<sup>13</sup> CCH	
165973.6	0.12	U		166941.6	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		167700.4	0.13	U		168407.6	0.24	<sup>13</sup> CCH	
165985.5	0.67	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$				HNC <sup>18</sup> O		167712.5	0.19	CH <sub>2</sub> CHOH				CCS	
165992.6	0.41	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166956.5	0.12	U				t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		168428.9	0.13	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	
165998.4	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>		166959.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N		167714.5	0.13	U		168432.6	0.11	U	
166015.1	0.68	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166971.5	0.29	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167716.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>		168436.4	0.12	U	
166021.4	0.54	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166975.4	0.12	U		167719.5	0.15	U		168465.1	0.11	CH <sub>3</sub> OH	
166027.6	0.10	SO <sup>17</sup> O		166977.5	0.10	U		167725.4	0.55	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168468.9	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	
166031.4	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>		166984.5	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				HCOOCH <sub>3</sub>		168475.0	0.15	U	
166037.6	1.60	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166991.4	0.15	U		167730.5	1.34	CH <sub>2</sub> CHCN		168478.9	0.10	U	
166043.9	1.43	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		166997.6	0.88	U		167742.5	1.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		168482.6	0.15	CH <sub>3</sub> OD	
166052.6	1.27	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		167008.8	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167744.4	2.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		168495.2	2.70	HCOOCH <sub>3</sub>	
166060.2	2.03	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		167014.5	0.06	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN		167747.5	0.99	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		168505.5	0.15	U	
166072.6	1.31	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		167027.6	0.15	U		167751.5	0.14	U		168514.5	3.95	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
166092.7	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		167041.4	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167761.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>				HCOOCH <sub>3</sub>	
166097.6	0.11	U				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		167771.5	0.02	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168538.5	0.37	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
166106.4	1.70	OC <sup>34</sup> S		167052.6	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167774.5	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168548.5	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
166130.1	1.81	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		167067.7	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		167778.5	0.07	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>		168562.5	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
166141.3	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		167088.8	0.13	U				U		168578.5	9.38	CH <sub>3</sub> OH	
166170.1	15.6	CH <sub>3</sub> OH		167101.4	0.26	U		167785.5	0.17	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_6 = 1^-$		168587.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
166178.9	0.49	U		167137.6	0.13	U				HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168596.5	0.11	U	
166202.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		167141.4	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167795.5	0.12	U		168604.5	0.10	U	
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167147.6	0.14	U		167801.5	0.18	U		168607.5	0.13	U	
166221.3	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$		167155.0	0.14	U		167807.5	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		168616.5	0.11	U	
166230.1	1.46	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$		167158.9	0.13	U				U		168619.5	0.13	U	
166241.4	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH		167170.1	0.26	Si <sup>17</sup> O		167815.5	0.10	U		168632.5	3.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
166245.1	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		167181.4	0.17	U		167820.5	0.22	U		168658.5	0.21	U	
166260.2	0.26	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		167191.3	0.17	U		167823.5	0.25	U		168677.5	2.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
166271.4	0.22	U		167208.9	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>		167827.6	0.18	U		168684.5	0.11	U	
166276.4	0.42	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S				U		167831.5	0.43	U		168701.5	0.10	HCCCS	
166286.4	0.52	S <sup>18</sup> O		167226.3	1.83	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168706.5	0.35	U	
166292.7	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>		167233.9	0.11	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$		167841.5	0.12	U		168709.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
166298.9	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		167258.9	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>		167844.5	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168711.5	0.11	U	
		HCOOCH <sub>3</sub>		167263.8	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH				HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		168714.5	0.14	U	
166305.1	0.23	U		167272.6	0.11	U				U		168727.5	0.17	U	
166312.6	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>		167277.6	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		167847.4	0.11	U		168733.6	0.15	U	
166320.1	0.24	U		167282.6	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>		167851.5	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>		168757.5	19.7	SH <sub>2</sub>	
166325.1	0.12	U		1											

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
169016.3	0.14	U	169006.5	0.14	U	170277.6	2.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	170961.5	0.89	CH <sub>2</sub> CHCN
169025.1	0.42	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	169608.5	0.19	U	170285.1	3.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170969.5	0.87	CH <sub>2</sub> CHCN
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	169610.5	0.21	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	170980.0	0.59	CH <sub>2</sub> CHCN
169031.4	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	169614.5	0.20	U	170295.1	1.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170993.9	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
169036.4	0.17	U	169621.4	0.11	U			SO <sub>2</sub>	171001.4	0.27	U
169043.9	0.13	U	169624.5	0.16	U	170316.4	1.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171020.2	0.89	CH <sub>2</sub> CHCN
169051.4	0.93	CH <sub>3</sub> OH	169633.5	0.19	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	171028.9	0.71	HCOOCH <sub>3</sub>
169056.4	0.24	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			U			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			CH <sub>2</sub> CHCN
169062.6	0.73	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	169637.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	170322.6	0.60	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171038.9	0.29	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
169068.9	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	169639.5	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			HC <sup>18</sup> O <sup>+</sup>			SO <sub>2</sub>
169072.6	0.25	U			U	170331.4	1.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
169080.1	0.12	U	169650.6	0.08	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1	170343.9	0.23	U	171046.4	0.11	U
169082.7	0.16	U	169654.5	0.10	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1	170350.2	0.13	U	171053.9	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>
169088.9	0.12	U	169658.5	0.22	U	170360.2	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171057.7	0.67	U
169100.1	0.49	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	169675.5	0.21	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170377.1	4.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171067.7	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>
169107.6	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171072.7	0.16	U
169115.1	4.33	H <sub>2</sub> CS	169679.5	0.14	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171086.4	0.42	CH <sub>2</sub> CHCN
169133.9	0.19	U	169681.5	0.11	U	170392.7	0.19	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	171091.4	0.81	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
169143.9	0.18	U	169684.5	0.15	U	170398.9	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171103.9	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
169151.4	0.19	U	169693.5	0.11	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1	171107.6	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
169156.4	0.18	U	169697.5	0.13	U	170405.1	0.17	DCOOCH <sub>3</sub>			U
169163.9	0.25	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NC	169702.5	0.35	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	170408.9	0.19	U	171111.4	0.16	U
169167.6	0.23	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	170417.6	1.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171116.4	0.17	U
169172.6	0.21	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1	169708.5	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171123.9	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
		U	169714.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171130.1	0.17	<sup>18</sup> OCS
169177.7	0.11	U	169720.5	0.89	O <sup>13</sup> CS	170439.0	3.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
169185.2	0.24	U	169727.4	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170450.1	1.12	<sup>34</sup> SO	171141.4	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
169190.1	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U
169200.1	0.53	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	169729.5	0.41	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	170455.2	0.97	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	171150.2	0.28	CH <sub>2</sub> CHCN
169208.9	0.17	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	169741.5	1.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	171168.9	0.31	U
		U	169744.5	1.86	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	170458.9	0.74	HCOOCH <sub>3</sub>	171183.9	8.63	CH <sub>3</sub> OH
169216.3	0.17	U	169746.5	1.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	170470.1	1.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171196.4	0.12	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
169221.4	0.19	U	169772.5	0.14	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171201.4	0.13	U
169227.6	0.11	U	169781.4	0.25	U	170485.1	0.32	U	171208.9	0.21	U
169230.1	0.12	U	169786.5	0.56	NH <sub>2</sub> CHO	170490.1	0.24	U	171217.6	0.24	U
169233.9	0.19	U	169791.5	0.77	<sup>34</sup> SO	170493.9	0.29	C <sup>13</sup> CH	171221.4	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN
169237.6	0.20	U			NH <sub>2</sub> CHO	170506.5	1.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171236.4	0.16	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
169241.4	0.16	U	169803.5	0.10	U	170512.5	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			CH <sub>2</sub> CHCN
169245.2	0.13	U	169807.5	0.11	U	170518.5	0.33	U	171240.1	0.06	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
169248.9	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	169811.5	0.70	NH <sub>2</sub> CHO	170530.5	3.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171269.0	1.19	CH <sub>2</sub> CHCN
		U	169817.5	0.16	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171275.1	0.67	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
169257.7	0.24	U	169835.5	0.20	U	170542.5	1.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171282.6	1.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
169263.9	0.15	U	169840.5	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	170548.5	2.03	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	171286.2	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
169267.6	0.22	U	169863.5	0.89	NH <sub>2</sub> CHO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171288.9	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
169272.6	0.12	U	169872.4	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170555.5	0.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171297.6	0.41	CH <sub>3</sub> CHO
169275.1	0.11	U	169875.5	0.16	U	170569.6	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171314.0	0.20	U
169283.9	0.22	U	169900.5	0.88	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171330.1	0.19	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
169288.9	0.19	U	169904.5	1.52	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	170575.5	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171336.4	0.15	U
169293.9	0.25	U	169907.5	1.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	170578.5	0.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	171348.9	0.11	U
169300.1	0.74	NH <sub>2</sub> CHO	169922.5	0.24	U			H <sup>15</sup> NCO	171352.6	0.11	U
169307.6	0.12	U	169925.5	0.21	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171356.4	0.15	U
169312.6	0.12	U	169956.4	0.64	NH <sub>2</sub> CHO	170587.5	0.17	U	171362.6	0.28	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
169321.4	0.16	U	169966.5	0.31	U	170594.5	1.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171378.9	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
169336.4	13.2	CH <sub>3</sub> OH	169972.5	0.10	U			HCOOCH <sub>3</sub>	171388.9	0.38	U
169347.6	0.25	U	169976.5	0.21	U	170608.5	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171392.7	0.26	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169353.9	0.20	U	169978.6	0.20	U	170615.5	1.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171401.3	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169357.7	0.62	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	169981.5	0.12	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
169366.3	0.15	CH <sub>3</sub> CCCN	169989.5	0.31	U	170618.5	1.20	U	171408.9	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169372.6	0.20	U	169993.5	0.15	U	170623.5	3.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	171417.7	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
169375.1	0.20	U	169996.4	0.11	CH <sub>3</sub> OD	170636.5	0.24	U	171423.8	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169377.7	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170002.6	0.02	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	170639.5	0.29	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	171426.4	0.12	U
169381.4	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170022.7	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	171430.1	0.10	U
169385.1	0.22	U	170030.1	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	170645.5	0.99	SHD	171438.9	0.15	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
169395.2	0.37	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	170036.4	0.23	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CCH	171446.4	0.45	U
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170041.4	0.65	NH <sub>2</sub> CHO			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	171450.1	0.13	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}$ = 1
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	170647.5	1.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171458.9	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169400.2	0.21	U	170050.1	0.17	U	170653.6	0.46	OCS $\nu_2$ = 1			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}$ = 1
169403.9	0.18	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	170061.4	14.6	CH <sub>3</sub> OH	170659.5	0.79	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171470.2	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
		CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	170075.1	0.16	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20}$ = 1	171475.1	0.49	U
169406.4	0.14	U	170078.9	0.25	U	170671.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171478.9	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
169416.4	0.25	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	170083.9	0.15	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	171483.8	0.12	U
169422.6	1.51	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	170088.9	0.12	U	170687.5	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171500.1	1.23	U
169428.9	4.25	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1$ = 1	170097.6	0.78	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>	171511.5	6.06	<sup>29</sup> SiO
169443.9	0.14	U	170102.7	0.46	U	170691.5	0.90	HCS <sup>+</sup>	171525.5	1.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
169451.4	0.21	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	170111.4	0.12	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	170702.5	0.49	U	171531.5	0.41	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}$ = 1
		DCOOCH <sub>3</sub>	170117.6	0.11	U	170709.5	0.71	U	171541.5	0.13	U
169463.8	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	170121.3	0.14	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	170718.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	171543.6	0.14	U
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			U	170728.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	171550.5	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO

Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
171712.5	2.31	H <sub>2</sub> CS	172436.4	0.17	U	172984.5	0.16	U	173688.5	28.8	SiO
171716.5	3.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	172446.4	11.8	CH <sub>3</sub> OH	172987.5	0.31	U	173707.5	2.44	U
171720.5	2.28	H <sub>2</sub> CS	172463.9	4.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173001.4	3.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173719.5	0.41	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
171735.5	3.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	172477.7	13.8	U	173020.1	0.23	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173725.5	1.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
171757.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	172485.1	2.71	SiO $\nu = 1$	173026.4	0.66	CH <sub>3</sub> CHO			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
171759.5	0.11	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173035.1	0.16	U	173729.5	0.48	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
171769.5	0.15	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	172488.9	2.71	SiO $\nu = 1$	173040.1	0.12	HC <sub>3</sub> N	173734.0	0.33	U
171773.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	172497.6	0.13	U	173053.9	0.59	HCO	173739.5	0.37	U
171780.5	1.04	H <sub>2</sub> CS	172515.5	1.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	173061.3	0.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_4$	173742.5	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		HCOOCH <sub>3</sub>	172518.5	1.27	U	173072.6	0.30	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173748.5	0.44	U
171789.5	0.13	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	172523.5	0.27	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 1^-$	173077.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	173754.5	0.26	U
171795.5	0.68	HCOOCH <sub>3</sub>	172528.6	0.25	U	173081.4	0.59	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	173762.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>
171798.5	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>	172532.5	0.17	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	173770.5	0.21	U
171801.5	0.25	U	172536.5	0.19	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173772.5	0.26	NH <sub>2</sub> CHO
171803.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	172543.5	0.42	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	173085.1	0.91	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	173776.5	0.28	U
171809.5	0.33	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			HCC <sup>13</sup> CN $\nu_6 = 1^+$	173095.1	2.22	CH <sub>2</sub> CHCN	173783.5	0.27	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
		HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	173804.5	0.23	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_4$
171820.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>			U	173105.1	0.21	NH <sub>2</sub> CHO	173811.5	0.24	U
171822.5	0.10	U	172549.5	0.29	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^-$	173110.2	0.20	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	173814.5	0.23	U
171833.4	0.11	U	172554.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	173116.3	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	173820.5	2.03	HCOOCH <sub>3</sub>
171837.5	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	172565.5	0.15	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173131.4	1.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	173823.5	2.02	HCOOCH <sub>3</sub>
171845.5	0.64	HCOOCH <sub>3</sub>	172568.5	0.20	U	173135.1	1.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	173829.6	1.41	CH <sub>2</sub> CHCN
171848.5	0.99	HCOOCH <sub>3</sub>	172580.5	0.19	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	173150.1	1.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	173836.5	0.31	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	172585.5	0.17	U			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173841.5	0.26	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
171861.5	0.68	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	172590.5	0.17	U			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173852.5	1.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
		HCOOCH <sub>3</sub>	172594.5	0.15	U	173162.6	0.24	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$	173870.5	0.31	HCO
171881.5	0.35	HCOOCH <sub>3</sub>	172597.5	0.11	U			HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 2$	173887.5	0.21	U
171885.5	0.71	U	172600.5	0.11	U	173166.4	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	173890.5	0.21	U
171895.5	0.11	U	172606.5	0.19	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	173170.1	0.16	U	173906.5	4.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
171899.5	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	172611.5	0.21	HC <sub>3</sub> N $\nu_4 = 1$	173177.6	0.34	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	173917.6	1.99	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
171901.5	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	172615.5	0.15	U	173181.4	1.51	HCOOCH <sub>3</sub>	173926.5	0.17	U
171903.5	0.15	U	172617.5	0.18	U	173186.3	1.71	HCOOCH <sub>3</sub>	173930.5	0.92	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
171907.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	172621.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	173195.1	2.02	HCOOCH <sub>3</sub>	173937.5	0.30	U
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	172629.5	0.56	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	173939.5	0.23	U
171909.5	0.10	SiO <sup>+</sup>	172636.5	0.61	HCOOH	173201.4	0.46	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	173946.5	0.93	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
171912.6	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	172639.5	0.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	173959.5	0.24	U
171916.5	0.76	HCOOCH <sub>3</sub>	172644.5	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	173205.1	0.54	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	173963.5	1.00	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
171922.5	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>	172649.5	0.16	U	173210.2	0.63	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	173967.5	0.64	HCOOCH <sub>3</sub>
171928.6	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	172653.4	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	173218.9	1.56	HCOOCH <sub>3</sub>	173972.0	0.31	U
171933.5	0.86	HCOOCH <sub>3</sub>	172678.5	27.0	H <sup>13</sup> CN	173227.6	1.07	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	173980.5	0.28	U
171936.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	173986.5	0.21	U
171945.4	0.19	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	172693.5	5.44	HCOOCH <sub>3</sub>	173237.6	0.20	U	173997.6	0.41	U
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	172703.6	1.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	173241.4	0.38	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174007.7	2.08	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
171947.5	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	172712.4	0.24	U	173245.1	0.20	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
171951.5	0.30	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	172715.5	0.29	U	173253.9	0.17	U	174013.8	0.27	HCCCS
171954.5	0.15	U	172718.6	0.39	U	173260.1	0.23	U	174017.6	0.30	U
171958.4	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	172725.5	0.49	U	173263.9	0.54	H <sup>+</sup> 47 $\gamma$	174028.9	1.55	HCOOCH <sub>3</sub>
171966.5	0.26	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	172733.5	0.29	U	173276.3	3.93	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
171971.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	172735.5	0.16	U	173293.9	3.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
171973.6	0.14	U	172739.5	0.47	HCOOCH <sub>3</sub>	173307.7	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174038.8	0.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
171980.5	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	172743.5	0.21	U	173313.9	0.10	U	174041.4	0.29	U
171984.5	0.11	U	172748.5	0.41	U	173330.1	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	174046.4	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
171987.5	0.17	U	172753.5	0.16	U	173335.1	0.13	He <sup>+</sup> 47 $\gamma$	174050.1	0.43	U
171989.5	0.28	U	172756.5	0.10	U	173367.6	0.18	U	174061.4	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>
171990.1	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	172758.5	0.11	U	173372.7	0.20	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174065.1	0.23	U
171996.4	1.00	HCOOCH <sub>3</sub>	172760.5	0.16	U	173376.3	0.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	174075.1	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
172000.1	1.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	172766.5	0.27	U	173380.1	0.54	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
172016.4	1.45	HCOOCH <sub>3</sub>	172770.5	0.17	U			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174078.9	0.45	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$
172025.1	2.19	HCOOCH <sub>3</sub>	172773.0	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173393.9	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	174086.4	0.44	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + 2\nu_6$
172033.9	1.40	HCOOCH <sub>3</sub>			HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 1^+$			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174092.6	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
		CH <sub>3</sub> OH	172777.5	0.21	U	173396.4	0.43	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
172055.1	0.18	U	172783.5	0.27	U	173400.2	0.17	U	174097.6	0.28	U
172058.9	0.17	U	172787.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	173404.0	0.34	CH <sub>3</sub> CHO	174115.1	0.31	HC <sup>17</sup> O <sup>+</sup>
172062.6	0.39	U	172791.5	0.23	H <sub>2</sub> C <sup>33</sup> S	173410.1	0.14	U	174121.4	0.59	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
172070.1	0.44	HCOOCH <sub>3</sub>	172795.5	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>	173412.7	0.10	U			HCOOCH <sub>3</sub>
172080.2	4.25	CH <sub>3</sub> OH			HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^+$	173422.6	0.23	CH <sub>3</sub> CHO	174126.4	0.33	U
172110.1	12.5	HC <sup>15</sup> N	172799.5	0.19	U	173425.1	0.26	CH <sub>3</sub> CHO	174128.9	0.40	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
172133.9	0.94	HCC <sup>13</sup> CN	172801.5	0.20	U	173436.4	0.22	CH <sub>3</sub> CHO	174140.1	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>
172147.6	0.35	U	172806.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	173441.4	1.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	174150.1	0.23	U
172158.9	2.83	HCOOCH <sub>3</sub>	172809.6	0.31	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	173453.9	0.89	CH <sub>3</sub> CHO	174158.9	0.24	U
172182.6	39.3	SO	172813.5	0.30	U	173462.6	3.19	H <sub>2</sub> CO	174165.2	0.27	U
172210.1	0.31	U	172818.5	0.68	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	173478.9	0.35	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	174168.9	0.20	U
172216.4	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	172831.5	0.57	<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>	173487.6	0.58	CH <sub>3</sub> OD	174173.9	0.34	U
172220.2	0.15	U	172849.5	14.8	HCCCN	173501.5	0.58	CH <sub>3</sub> CHO	174182.6	1.18	HN <sup>13</sup> C
172225.1	0.26	U	172873.5	0.13	U	173503.5	0.62	CH <sub>3</sub> CHO			HCOOCH <sub>3</sub>
172228.9	0.35	HCOOCH <sub>3</sub>	172880.5	0.24	U	173506.5	1.36	H <sup>13</sup> CO <sup>+</sup>	174192.6	0.32	U
172241.4	0.42	CH <sub>3</sub> CHO	172883.5	0.15	U	173516.5	2.79	HCOOCH <sub>3</sub>	174196.4	0.26	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	172886.5	0.13	U	173523.4	4.76	CH <sub>3</sub> CHO	174200.1	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
172252.6	0.13	CCH $\nu_2 = 1$	172888.5	0.10	U			HCOOCH <sub>3</sub>	174210.1	2.84	HCOOCH <sub>3</sub>
172258.8	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	172892.5	0.23	U			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	174216.4	2.75	HCOOCH <sub>3</sub>
172267.6	0.64										



Barrido espectral de Orión KL: 2 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies
174337.6	0.37	U	174983.5	0.54	CH <sub>3</sub> CHO	175727.5	0.43	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	176822.5	0.77	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO / HCOOCH <sub>3</sub>
174346.3	3.78	H <sub>2</sub> CS	174986.5	0.46	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	175730.5	1.19	HNCO	176833.5	0.25	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
174360.1	0.39	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	174992.7	0.42	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	175738.5	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	176850.5	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO / HCOOCH <sub>3</sub>
174366.4	0.38	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	175744.5	0.48	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	176853.5	0.53	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
174371.3	0.22	U	174996.5	0.85	HCOOCH <sub>3</sub>	175747.5	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
174377.6	2.03	HCOOCH <sub>3</sub>	175002.7	1.06	H <sup>+</sup> 33 $\alpha$	175750.5	0.78	U	176881.5	0.35	U
174393.9	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	175007.7	1.95	CH <sub>2</sub> CHCN	175759.5	0.75	U	176883.5	0.34	U
174407.7	2.13	HCOOCH <sub>3</sub> / CH <sub>2</sub> DCN	175021.4	0.30	U	175769.5	0.53	SO <sup>18</sup> O	176885.5	0.36	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
174422.6	0.23	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 2$	175024.5	0.37	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175771.5	0.40	U	176888.5	0.46	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
174428.9	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	175030.2	0.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN / U	175793.6	2.76	HNCO	176890.5	0.37	U
174442.7	0.24	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175038.9	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	175831.5	0.57	U	176896.4	0.33	U
174451.4	0.22	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_6$			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	175836.5	1.37	U	176902.5	0.43	U
174457.6	0.23	U	175043.3	0.41	U	175844.6	6.76	HNCO	176905.4	0.31	U
174460.2	0.25	U	175047.6	0.50	U			HN <sup>13</sup> CO	176907.6	0.31	U
174462.6	0.25	U	175055.1	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	175857.5	0.75	U	176909.5	0.32	U
174466.4	0.21	U	175058.9	0.34	SO <sup>17</sup> O	175860.5	0.45	U	176913.5	0.50	U
174473.9	0.30	U	175063.9	0.32	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	175864.5	0.47	U	176926.4	2.15	<sup>33</sup> SO
174481.4	0.27	U	175068.9	0.42	U	175868.5	1.97	HCOOCH <sub>3</sub>	176932.5	2.67	<sup>33</sup> SO
174487.7	0.40	U	175075.1	0.58	He <sup>+</sup> 33 $\alpha$	175880.5	2.07	HCOOCH <sub>3</sub>	176944.5	0.54	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
174497.7	0.43	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	175085.1	0.44	<sup>30</sup> SiS	175883.5	0.66	HCOOCH <sub>3</sub>	176946.5	0.53	U
		HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175090.2	0.67	CH <sub>3</sub> CHO	175899.5	0.83	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	176951.4	1.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
174502.5	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	175103.9	4.34	SO <sub>2</sub>	175904.6	0.44	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	175121.4	0.44	U	175918.5	0.49	U	176958.5	0.76	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_4 = 1$
174506.5	0.37	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	175127.6	0.33	U	175920.5	0.52	U			HCO <sup>+</sup> $\nu_1 = 1$
174511.5	0.31	U	175146.4	0.34	U	175922.5	0.54	U	177001.3	0.52	U
174514.5	0.32	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175161.4	0.46	U	175925.5	0.51	U	177009.6	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	175170.1	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	175928.5	0.55	U	177027.5	0.78	U
174517.6	0.37	U	175176.3	0.41	U	175930.5	0.49	U	177030.1	0.70	U
174519.5	0.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	175181.4	0.57	U	175949.5	0.43	U	177035.8	0.60	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	175190.2	3.65	NH <sub>2</sub> CHO	175952.5	0.43	U	177042.6	0.51	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
174525.5	0.35	U			HNCO	175962.5	0.42	U	177057.6	0.53	U
174535.5	0.28	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175964.5	0.42	U	177061.4	0.60	U
174540.5	1.14	U	175203.9	0.34	U	175971.5	0.57	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	177068.8	0.50	DCOOCH <sub>3</sub>
174548.4	1.48	HCOOCH <sub>3</sub>	175210.1	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	175982.5	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177072.6	0.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
174558.5	0.47	U	175217.7	0.32	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175984.5	0.41	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177075.1	0.64	U
174567.5	4.55	HCOOCH <sub>3</sub>	175221.4	0.31	U	176010.2	0.55	HCOOCH <sub>3</sub>	177080.1	0.51	U
174582.5	4.87	HCOOCH <sub>3</sub>	175238.9	0.31	U	176015.1	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	177088.9	0.60	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub> / DCOOCH <sub>3</sub>
174588.5	1.11	CH <sub>3</sub> OD	175246.3	0.33	U			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	177100.2	0.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
174594.5	0.63	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	175250.1	0.44	U	176022.6	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177106.4	0.66	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	175277.6	18.2	SO <sub>2</sub>	176023.5	0.45	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	177115.1	0.94	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
174597.5	0.51	U	175296.4	0.38	U	176026.4	0.31	U	177120.2	0.61	U
174601.5	1.43	HCOOCH <sub>3</sub>	175313.9	0.39	U	176063.8	0.31	U	177125.2	0.55	U
174606.5	0.37	U	175326.3	0.38	U	176071.4	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177138.9	0.60	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
174612.5	0.31	U	175330.1	0.51	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	176082.6	0.44	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	177168.9	0.64	U
174617.5	0.36	U			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	177186.4	0.62	U
174620.5	0.33	U	175355.2	10.3	<sup>34</sup> SO	176086.4	0.36	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	177200.1	0.56	U
174626.5	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>	175375.2	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	176096.4	0.74	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	177207.6	0.52	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
174631.4	0.37	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	175377.6	0.45	U	176157.6	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>	177223.8	0.78	U
174634.5	0.33	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175386.4	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177242.6	11.5	HCN
174640.5	0.36	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175393.9	0.31	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176167.6	0.31	U	177261.4	57.8	HCN
174642.6	0.34	U	175398.8	0.35	U	176266.4	0.37	U	177291.3	1.05	HCN / DCCCN
174646.5	0.31	U	175402.6	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	176291.4	0.38	U	177297.7	0.60	U
174650.5	0.38	U	175410.1	0.32	U	176297.6	0.43	SO <sup>17</sup> O	177336.4	0.44	O <sup>13</sup> C <sup>34</sup> S
174657.5	0.41	U	175415.1	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	177355.2	4.54	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
174663.5	2.55	CCH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
174667.5	1.66	CCH	175436.4	0.39	U	176315.1	0.37	U	177375.1	0.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
174670.5	0.39	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175441.4	0.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	176323.9	1.07	H <sup>13</sup> CCCN	177378.9	0.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
174674.5	0.37	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	175450.2	0.34	U	176332.7	0.35	U	177417.6	0.52	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
174680.5	0.31	U	175458.9	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	176348.9	0.35	U	177421.4	0.63	HCOOCH <sub>3</sub>
174692.5	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	175462.7	0.35	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176355.1	0.44	U	177435.1	0.53	U
174712.5	0.45	U	175466.4	0.31	U	176361.4	0.64	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	177497.6	0.40	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
174715.5	0.36	U	175482.7	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>			U	177505.1	0.32	CH <sub>3</sub> OH
174721.5	1.50	CCH	175491.4	0.32	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176386.4	0.40	U	177509.5	0.60	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
174728.5	0.64	CCH	175509.5	0.44	U	176390.1	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
174733.5	0.76	CCH	175514.5	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	176398.9	0.32	U	177512.5	0.52	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
174735.5	0.52	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	175523.5	0.34	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176468.9	1.42	SO <sub>2</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
174738.5	0.38	U	175533.5	0.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	176473.9	4.71	HNCO / HN <sup>13</sup> CO	177527.5	0.61	HCOOCH <sub>3</sub>
174746.4	0.33	U	175539.5	0.41	U	176492.6	9.38	CH <sub>3</sub> OH	177543.5	0.61	CH <sub>3</sub> CHO
174759.5	0.31	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	175542.0	0.53	U	176509.5	0.51	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	177554.5	0.62	U
174763.5	0.63	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	175548.5	0.40	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176526.5	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	177580.5	0.53	HCOOCH <sub>3</sub>
174792.5	0.30	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	175569.6	0.41	U			HCOOCH <sub>3</sub>	177586.5	0.69	CH <sub>3</sub> CHO
174806.5	0.46	CCH	175588.5	0.46	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 5$	176531.5	0.52	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	177593.6	0.33	DCOOCH <sub>3</sub>
174811.5	0.50	U			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176565.5	0.27	U	177620.6	0.57	U
174813.5	0.33	U	175604.5	0.44	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	176572.6	0.35	U	177623.5	0.59	U
174837.5	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	176585.5	0.44	HCOOCH <sub>3</sub>	177628.5	1.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
174842.6	0.61	HCOOCH <sub>3</sub> / CCH	175630.5	0.47	U	176595.5	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177631.5	0.59	U
174845.6	0.66	U	175640.5	0.51	U	176610.5	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_4 = 1$	177640.5	0.54	U
174851.5	1.45	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	175642.5	0.66	HNCO	176623.6	0.41	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	177658.5	0.59	U
		CCH	175644.5	0.57	U	176639.5	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	177703.5	0.30	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	175646.5	0.60	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	176654.5	0.39	HCCC <sup>13</sup> N	177716.5	0.53	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
174864.5	0.31	U	175650.5	0.44	U	176664.5	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	177729.5	0.60	H <sup>15</sup> NC
174867.5											

TABLA 11.3: BARRIDO ESPECTRAL DE ORIÓN KL: 1.3 MM

Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
196762.4	0.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	197766.1	2.60	HNCO	198828.6	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	199886.1	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>
196792.4	0.96	HCOOCH <sub>3</sub>			HN <sup>13</sup> CO			DCOOCH <sub>3</sub>	199933.6	1.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
196802.3	2.19	HCOOCH <sub>3</sub>	197796.1	0.57	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	198839.8	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	199937.4	1.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	197802.4	1.65	HCOOCH <sub>3</sub>	198866.1	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	199939.9	1.28	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
196812.4	0.88	HCOOCH <sub>3</sub>	197814.9	2.81	HCOOCH <sub>3</sub>	198877.3	0.05	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	199949.9	0.14	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
196821.1	0.26	U	197823.6	7.44	HNCO	198885.5	0.04	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	199973.6	0.34	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
196826.1	0.26	U			HCOOCH <sub>3</sub>	198914.9	0.23	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH	199978.0	0.26	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
196829.9	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	199991.1	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
196844.9	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	198927.4	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
196851.1	0.14	U	197837.4	3.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198946.2	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	200018.7	0.22	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
196856.1	0.22	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	197858.6	0.14	CH <sub>3</sub> OH	198952.4	0.11	U	200024.8	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
196867.4	0.78	NH <sub>2</sub> CHO	197864.9	0.31	U	199036.1	0.22	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	200031.1	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
196876.1	0.14	U	197868.6	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	199039.9	0.16	SO <sup>17</sup> O			CH <sub>2</sub> CHCN
196936.2	0.17	U	197896.1	0.31	U	199053.6	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	200048.7	0.17	HC <sup>18</sup> CCN $\nu_7 = 1^+$
196949.9	5.59	CH <sub>3</sub> OH	197902.4	0.18	U	199071.1	0.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
196988.6	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	197915.0	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	199081.1	0.12	HNCS	200078.6	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
196998.6	0.20	U	197929.9	0.16	CH <sub>2</sub> CDN	199084.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	200094.9	0.83	CH <sub>2</sub> CHCN
197009.9	1.11	HCOOCH <sub>3</sub>	197939.9	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	199092.4	0.10	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	200102.4	0.19	U
197022.4	1.79	HCOOCH <sub>3</sub>	197953.6	3.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CHO	200136.1	10.4	HCCCN
197028.6	1.38	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	199146.1	0.11	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	200168.6	1.36	H <sub>2</sub> CCO
197032.4	1.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	197974.9	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	199153.6	1.39	HCOOCH <sub>3</sub>	200198.6	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
197039.9	0.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	197991.1	2.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	199164.9	1.37	HCOOCH <sub>3</sub>	200202.4	0.73	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
197046.1	1.24	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	199183.6	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	200206.1	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
197058.7	0.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198004.9	2.01	HCOOCH <sub>3</sub>	199191.1	0.11	U	200224.9	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>
197068.6	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198023.7	0.10	H <sub>2</sub> <sup>18</sup> CS	199194.9	0.16	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	200232.4	0.15	U
197073.6	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198037.4	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	200234.9	0.18	U
197077.4	0.46	U	198056.1	0.10	DCOOCH <sub>3</sub>	199199.9	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	200243.6	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
197087.4	3.64	HNCO			U	199207.4	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	200253.6	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
197116.1	4.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198059.9	0.12	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	199218.6	0.17	HSC	200264.9	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			DCOOCH <sub>3</sub>	199222.2	0.20	U			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
197124.9	6.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198074.9	0.18	H <sub>2</sub> <sup>18</sup> CS	199231.1	0.40	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	200289.9	8.35	SO <sub>2</sub>
197144.9	14.3	SO <sub>2</sub>	198083.7	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	200317.4	0.28	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198093.6	0.09	H <sub>2</sub> CS	199248.7	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	200321.1	0.50	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
197158.6	4.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198112.4	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	200324.9	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198127.4	0.22	H <sub>2</sub> <sup>18</sup> CS	199258.7	0.10	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	200328.6	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
197173.7	2.66	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	199276.1	0.51	CH <sub>3</sub> CHO	200333.6	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198134.9	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	199283.7	0.68	S <sup>18</sup> O	200342.3	0.24	SO <sup>17</sup> O
197212.4	2.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198142.2	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	199288.6	0.93	HC <sup>18</sup> CCN			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198146.1	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	199303.7	0.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	200358.6	0.04	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
197233.6	5.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			DCOOCH <sub>3</sub>	199307.4	0.95	HCC <sup>13</sup> CN	200366.1	0.06	CH <sub>2</sub> CHCN
197256.2	4.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198156.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	199314.9	0.36	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	200384.9	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			D <sub>2</sub> CS			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	200413.7	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
197268.6	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	198166.1	0.53	HCOOCH <sub>3</sub>			U	200426.1	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
197277.4	0.44	HCOOCH <sub>3</sub>	198179.9	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	199326.1	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			H <sub>2</sub> <sup>18</sup> CS	199336.1	0.35	U	200443.6	0.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
197296.2	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	198186.1	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	199343.6	0.54	<sup>32</sup> SO <sub>2</sub>	200453.6	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHCN
		HCOOCH <sub>3</sub>	198189.9	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>	199359.9	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	200461.1	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
197307.4	1.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198208.6	0.12	U	199366.1	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	200466.1	0.52	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198219.9	1.14	HCOOCH <sub>3</sub>	199373.6	0.39	HNCS	200482.4	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			U			HCOOCH <sub>3</sub>
197324.9	1.09	HCOOCH <sub>3</sub>	198234.9	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	199387.4	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	200517.4	0.11	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
197339.9	1.74	HCOOCH <sub>3</sub>	198238.6	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>			g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	200524.9	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
197354.9	0.08	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	198262.4	4.10	CH <sub>2</sub> CHCN	199399.8	1.45	CH <sub>2</sub> CHCN	200531.1	0.11	U
197363.7	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	199404.9	1.59	CH <sub>2</sub> CHCN	200541.1	0.17	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198271.1	1.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>	200552.4	0.11	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 2$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198321.1	0.07	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	199412.4	0.88	U			CH <sub>2</sub> CHCN
197378.6	2.92	CH <sub>3</sub> OH	198339.3	0.12	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	199418.6	2.25	SO <sub>2</sub>	200569.9	0.17	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
197391.1	3.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198346.1	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	199431.1	2.04	CH <sub>2</sub> CHCN	200578.7	0.20	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 2$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198351.1	0.29	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	199444.9	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	200588.5	0.14	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	198363.6	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	199453.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	200598.6	0.09	HCOOCH <sub>3</sub>
197404.9	0.61	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	199472.4	0.93	CH <sub>2</sub> CHCN	200606.2	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 + \nu_6$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	198374.9	0.05	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	199497.4	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
197412.3	0.49	U	198386.2	0.55	U	199513.6	0.24	U	200629.9	3.21	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1^-$
197424.9	0.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198394.8	4.26	CH <sub>3</sub> OH	199522.4	1.16	CH <sub>2</sub> CHCN			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198403.6	10.2	CH <sub>3</sub> OH	199526.1	0.94	CH <sub>2</sub> CHCN	200644.8	0.16	U
197438.6	0.11	U	198429.9	0.20	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	199544.9	1.02	CH <sub>2</sub> CHCN	200657.4	0.14	U
197448.6	0.21	U	198443.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	199549.8	0.49	U	200661.0	0.21	U
197453.6	0.41	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	198454.9	0.23	SO <sup>18</sup> O	199558.7	0.16	SO <sup>18</sup> O	200667.4	0.29	NH <sub>2</sub> CHO
197464.9	1.63	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198466.1	1.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	199567.4	1.40	CH <sub>2</sub> CHCN	200673.6	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
197484.9	1.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			HCOOCH <sub>3</sub>	199576.1	2.51	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	198482.4	0.28	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	199591.1	0.72	CH <sub>2</sub> CHCN			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_4$
197491.1	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	198491.1	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	200691.1	0.17	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198502.4	0.52	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	199614.9	0.64	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	200696.1	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
197502.4	1.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	198519.9	1.80	HCOOCH <sub>3</sub>	199644.2	3.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	200702.4	0.17	U
197511.1	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$									

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm												
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
201041.2	0.24	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	202108.1	1.57	CH <sub>3</sub> CN	203100.6	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	204359.4	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
201052.4	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	202116.9	0.37	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			U	204387.0	5.43	SO <sub>2</sub>	
201063.6	0.85	U	202125.7	0.37	U	203148.2	0.10	HCCC <sup>15</sup> N			S <sup>18</sup> O	
201072.4	5.02	CH <sub>3</sub> OH	202133.2	0.12	U	203163.2	1.40	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	204425.7	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	
201089.9	5.23	CH <sub>3</sub> OH	202152.0	0.12	U	203185.6	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>			U	
201111.2	0.10	U	202166.9	2.85	CH <sub>3</sub> CN	203226.9	1.03	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	204435.6	0.07	H <sup>13</sup> CS <sup>+</sup>	
201116.1	0.16	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202184.4	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	203254.4	0.10	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_6 = 1^+$	204455.6	0.57	U	
201122.4	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	202194.4	0.89	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	203265.0	0.29	U	204465.7	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
201132.4	0.15	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			HCOOCH <sub>3</sub>	203268.2	0.30	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	204471.9	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	202216.9	6.33	CH <sub>3</sub> CN	203274.4	0.36	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
201141.7	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	203298.2	0.11	U	204479.4	0.16	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
201151.1	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	202242.0	1.20	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	203305.6	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>	204485.6	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
201164.8	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	202259.4	7.07	CH <sub>3</sub> CN			U			DCOOCH <sub>3</sub>	
		U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	203315.7	0.19	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
201176.1	0.42	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202294.4	5.52	CH <sub>3</sub> CN	203326.1	0.10	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	204497.0	0.10	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
201181.2	0.21	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	203336.9	0.57	NH <sub>2</sub> CHO	204511.9	0.89	U	
201184.8	0.28	CH <sub>3</sub> OH $\nu_4 = 1$			CH <sub>2</sub> CHCN	203365.7	0.43	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	204519.4	2.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201188.6	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	202321.9	8.33	CH <sub>3</sub> CN	203384.5	13.8	SO <sub>2</sub>	204522.0	2.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201193.7	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	202340.7	7.93	CH <sub>3</sub> CN	203391.9	17.5	SO <sub>2</sub>	204525.6	2.71	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201201.1	0.20	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	202355.7	12.0	CH <sub>3</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	203419.5	1.52	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	204534.4	1.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201206.1	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN	203435.7	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	204541.9	0.58	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201224.8	0.21	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$	202393.2	0.11	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	203443.2	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	204553.2	2.95	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
		HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$			SO <sup>18</sup> O	203468.1	0.27	U	204557.0	0.96	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201228.6	0.19	U	202406.9	0.11	U	203473.2	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	204573.2	0.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201234.9	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	202410.6	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	203486.9	0.19	U	204576.9	1.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201243.6	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 3$			HCOOH	203494.5	0.84	U	204580.7	0.72	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201246.2	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	203501.9	1.00	HCOOCH <sub>3</sub>	204599.4	0.27	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
201256.1	0.12	U	202418.2	0.13	HCOOH	203506.9	1.22	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
201269.9	0.37	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	202425.7	0.18	U	203521.9	0.14	U	204620.7	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	
201274.9	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + 2\nu_6$	202444.4	0.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	203530.7	0.11	U	204634.4	1.54	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201277.4	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	202450.7	0.34	HCOOH	203534.4	0.18	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	204639.4	0.98	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201307.4	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	202461.9	0.07	SO $v = 2$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	204645.7	0.19	U	
201327.4	1.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	202470.7	0.11	CH <sub>3</sub> CCD	203545.6	0.13	U	204664.4	0.23	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201342.4	1.28	HDCCO			HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_6$	203555.7	0.23	U	204691.9	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	
201346.2	0.45	U	202481.9	0.14	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	203570.6	2.02	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	204708.1	0.76	U	
201352.4	0.13	U	202491.9	1.84	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			SO <sub>2</sub>	204730.7	0.46	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201357.4	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	203580.6	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	204736.9	1.28	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201379.9	2.14	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	202515.7	0.10	U	203594.4	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	204743.1	0.77	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	
201399.9	5.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	202519.4	0.17	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	203605.6	0.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201432.3	1.42	U	202532.5	1.26	CH <sub>2</sub> CHCN	203628.2	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	204756.9	1.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201438.7	0.35	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	203639.4	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>	204759.4	1.63	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201446.1	7.09	CH <sub>3</sub> OH	202564.4	0.47	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	203645.7	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	204763.2	1.05	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201499.9	0.16	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	202573.2	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	203649.4	0.12	HCCC <sup>15</sup> N $\nu_7 = 1$	204787.4	0.15	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201503.7	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	203654.4	0.23	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	204798.7	0.64	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201514.9	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN $\nu_{20} = 1$	202608.1	0.07	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	203680.6	0.11	U	204807.4	1.36	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201524.9	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	202613.2	0.07	DCCCN	203750.6	0.21	U	204816.2	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	
201531.0	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	202618.1	0.05	HCOOCH <sub>3</sub>	203756.9	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	204827.4	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
201537.3	0.82	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202640.7	0.12	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	203763.2	0.13	U			U	
201541.1	1.49	HCOOCH <sub>3</sub>	202643.2	0.14	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	203779.4	0.22	U	204833.6	0.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202654.4	0.25	HCOOH	203793.2	0.83	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	204841.2	1.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201543.6	0.82	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202659.5	0.23	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	203806.9	1.19	CH <sub>2</sub> CHCN	204848.6	0.97	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201564.8	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	202674.4	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	203820.6	0.11	U	204852.4	0.82	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201586.1	0.14	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO	202681.9	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	203835.7	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	204881.1	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
201592.4	0.09	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	202696.9	0.15	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	204886.1	0.12	U	
		CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	202710.7	0.16	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	203854.4	2.46	HCOOCH <sub>3</sub>	204891.1	0.10	U	
201606.1	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	202720.6	1.09	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	204907.3	0.12	U	
201614.9	0.53	H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O	202724.4	1.53	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	203865.7	2.24	HCOOCH <sub>3</sub>	204926.1	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201619.9	0.36	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_6$	202726.9	1.08	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	203880.7	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	204933.6	0.93	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201629.9	0.11	U	202733.2	0.13	U	203885.6	0.16	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	204942.3	0.85	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201633.6	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	202752.0	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	203891.9	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	204952.3	0.49	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201661.1	0.74	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	202753.1	0.22	DNCO			U	204962.4	1.25	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201674.9	0.31	HCOOH	202759.4	0.33	U	203909.5	0.14	DNCO	204977.3	0.20	U	
201677.4	0.29	U	202771.9	1.64	H <sup>13</sup> CCCN	203918.2	0.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	204981.7	0.22	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	
201683.6	0.15	U			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	203940.7	2.74	H <sub>2</sub> CCO			CH <sub>2</sub> CH	
201693.6	1.31	OC <sup>34</sup> S	202780.7	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			<sup>33</sup> SO	205001.1	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201729.9	0.33	CH <sub>3</sub> OH $\nu_4 = 1$			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	203965.7	0.13	CH <sub>3</sub> OH			SO <sup>18</sup> O	
201736.2	0.15	U	202789.5	0.14	U	203984.4	0.35	H <sup>+</sup> 52e	205008.7	1.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201739.9	0.19	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	202799.4	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	203991.8	0.13	U			HCOOCH <sub>3</sub>	
201752.0	0.44	Si <sup>18</sup> O	202806.9	0.70	HCOOCH <sub>3</sub>	204000.6	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	205017.4	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201754.9	0.39	HCOOCH <sub>3</sub>			NH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHO			HCOOCH <sub>3</sub>	205033.6	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	
201759.5	0.33	U	202815.6	0.35	HCOOH	204004.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	205044.9	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201768.1	0.16	U			HCOOCH <sub>3</sub>	204011.9	0.03	DCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CH	
201774.3	0.30	U	202820.7	0.68	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			U	205051.1	1.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201798.1	0.16	U	202831.9	0.48	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	204031.9	0.10	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 2$	205056.1	0.49	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	
201805.6	0.05	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	202851.2	0.13	U			DCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
201815.7	0.10	U	202855.7	0.10	U	20403						

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm														
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies			
205167.4	0.42	CH <sub>3</sub> CHO	206271.1	2.66	HCOOCH <sub>3</sub>	207292.4	0.24	U	208136.2	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>			
205172.3	0.47	CH <sub>3</sub> CHO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207297.4	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208148.6	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			
205177.4	0.74	U	206277.3	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207307.4	0.16	U	208159.9	0.11	U			
205193.6	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206286.2	0.28	SO <sup>18</sup> O	207312.4	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205202.4	0.14	U	206327.4	2.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207328.6	0.15	CH <sub>2</sub> CDCN	208176.1	1.29	CH <sub>2</sub> DCN			
205213.6	0.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207332.5	0.22	H <sub>2</sub> C <sup>33</sup> S			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			
205219.9	0.12	HCDCHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
205226.1	0.25	U	206348.7	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U			g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
205241.1	0.21	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	206371.2	2.64	HCOOCH <sub>3</sub>	207341.1	0.12	U	208201.2	0.42	U			
205244.9	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206389.9	4.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207347.4	0.16	HDO	208211.1	0.60	H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O			
		U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207354.9	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>			NH <sub>2</sub> CHO			
205251.2	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	206407.4	4.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	208214.9	0.50	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
205258.6	0.47	HCOOCH <sub>3</sub>	206437.4	5.42	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207372.4	0.10	HCCCS			CCS			
205302.3	17.7	SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207381.2	0.55	HCOOCH <sub>3</sub>	208219.8	0.44	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
205334.9	0.26	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>			U	208228.7	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205352.4	0.65	<sup>18</sup> OCS	206452.4	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>	207398.6	1.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>			
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	206459.9	2.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OD	208236.2	0.39	H <sub>2</sub> CCCO			
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			U			
205369.9	0.22	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	206469.9	1.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			SO <sup>18</sup> O	208241.1	0.64	U			
205373.7	0.19	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206481.1	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	207406.1	0.53	U	208254.9	0.60	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205383.6	0.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206487.4	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207419.8	0.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	208258.7	0.54	CH <sub>3</sub> OH			
		HCOOCH <sub>3</sub>	206499.9	1.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
205403.7	0.25	U	206509.9	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>			SO <sub>2</sub>	208263.6	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
205411.1	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	206526.1	2.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207438.7	2.43	NS	208267.4	0.70	CH <sub>3</sub> CHO			
205421.1	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	206533.7	1.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207459.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	208281.1	1.91	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
205433.7	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207472.3	0.38	NS	208293.7	0.47	<sup>34</sup> SO			
205438.6	0.14	U	206541.2	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	208297.4	0.45	U			
205447.4	0.23	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	206548.6	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	207486.1	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208307.4	1.06	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207492.4	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> DCN			
205459.9	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	206559.9	0.11	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205481.1	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	206564.9	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	207501.2	0.40	U	208316.1	1.48	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
205486.1	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	206573.6	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207509.9	0.10	U	208322.4	0.73	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205497.4	1.24	HCOOCH <sub>3</sub>	206584.9	0.84	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	207526.2	0.14	U	208327.4	0.73	HCOOCH <sub>3</sub>			
205502.4	1.49	HCOOCH <sub>3</sub>	206597.3	2.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207531.1	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	208338.7	0.78	CH <sub>2</sub> DCN			
205513.6	0.06	CH <sub>3</sub> OH $\nu_7 = 1$	206602.4	6.13	S <sup>17</sup> O	207540.0	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	208346.1	1.49	HC <sup>13</sup> CN			
205527.4	0.11	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207548.6	0.10	CH <sub>2</sub> CHOH	208351.8	0.80	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
205566.2	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	207555.0	0.12	U	208364.9	1.80	HCC <sup>13</sup> CN			
205572.4	0.13	U	206621.1	1.23	HCOOCH <sub>3</sub>	207571.1	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>2</sub> DCN			
205583.7	0.17	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	206627.3	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205588.8	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	206649.9	0.41	U	207589.9	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	208374.9	0.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205601.7	0.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	206659.9	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207596.1	0.13	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208386.3	0.63	U			
205614.9	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	206667.4	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	207606.1	0.91	CH <sub>2</sub> CHCN	208402.4	0.94	HDCCO			
205632.4	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	206677.3	1.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207626.3	0.14	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208406.2	0.56	U			
205641.1	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	207632.4	0.46	HNC	208413.6	1.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205647.4	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206691.1	4.90	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HC <sub>3</sub> N	208425.0	0.51	U			
		HCOOCH <sub>3</sub>	206712.4	2.75	HCOOCH <sub>3</sub>	207641.1	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208430.1	0.88	U			
205656.1	0.29	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207658.6	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208447.4	0.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205664.9	1.43	HCOOCH <sub>3</sub>	206721.1	1.45	HCOOCH <sub>3</sub>	207664.9	0.94	U			c-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O			
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207676.2	0.31	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208454.9	0.55	U			
205669.9	1.26	HCOOCH <sub>3</sub>	206746.2	13.3	OCS			<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>	208459.9	0.58	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
205708.7	1.04	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	206764.9	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	207681.1	0.77	NH <sub>2</sub> CHO	208469.9	1.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			S <sup>17</sup> O	207699.8	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	208477.3	0.63	U			
205739.9	0.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206773.6	1.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207706.1	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	208480.0	0.61	U			
205776.2	0.17	HNSO	206779.9	1.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207726.2	0.15	CH <sub>3</sub> CHO	208484.9	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205792.4	6.35	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207743.6	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208492.4	1.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205827.4	0.27	U	206793.6	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	207754.9	0.22	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
205862.4	0.67	HCOOCH <sub>3</sub>	206809.9	0.18	U	207758.6	0.13	U	208498.6	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
205868.7	0.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206826.1	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>	207773.6	0.14	U	208513.6	0.20	U			
205876.1	1.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206848.6	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207782.4	0.51	NS	208517.3	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN			
		g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	206878.6	0.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> DOH	208521.2	0.12	U			
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208527.3	0.12	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			
205882.4	0.14	CH <sub>2</sub> CDCN	206891.1	0.11	U	207785.0	0.50	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			U			
205902.4	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	206899.8	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207796.1	0.50	NS	208531.1	0.10	U			
205909.8	0.48	HCOOCH <sub>3</sub>	206912.4	1.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208536.2	0.22	U			
205914.9	0.44	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208540.0	0.17	U			
205923.6	0.75	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_7 = 1$	206917.4	1.60	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	207804.9	1.81	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	208552.4	0.15	U			
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	206931.2	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	208556.1	0.10	U			
205938.7	0.25	U	206933.7	0.78	U	207817.4	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208559.9	0.14	U			
205943.6	0.15	H <sub>2</sub> CS	206940.0	0.78	U	207840.0	3.92	NS	208566.1	0.16	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$			
205962.3	0.37	U	206947.4	4.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	208579.8	0.29	U			
205988.6	1.72	H <sub>2</sub> CS	206981.1	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207851.1	1.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	208589.8	0.57	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
206002.4	3.47	CH <sub>3</sub> OH	206992.4	0.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207883.6	0.33	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208592.5	0.57	SO <sup>+</sup>			
		H <sub>2</sub> CS	206997.4	0.51	OCS $\nu_2 = 1$	207890.0	0.25	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	208598.7	0.34	U			
206013.0	1.92	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207012.4	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>	207904.9	0.28	U	208607.4	0.14	U			
206028.6	1.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	207019.9	0.36	U	207919.8	0.22	U	208619.9	1.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
206036.1	0.92	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207033.6	0.07	HCOOCH <sub>3</sub>	207926.0	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
206044.8	4.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	207042.4	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			HCOOCH <sub></sub>			

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
208877.4	0.15	U	209746.2	4.98	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	210531.0	1.77	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	211728.6	1.00	CH <sub>2</sub> CHCN
208887.4	1.02	HCOOCH <sub>3</sub>	209783.6	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	211754.9	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
208892.4	1.58	HCOOCH <sub>3</sub>	209798.6	0.10	SO <sup>17</sup> O	210541.1	0.87	HCOOCH <sub>3</sub>	211764.8	0.20	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
208902.4	2.23	CH <sub>2</sub> CHCN	209802.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	211772.3	1.23	HCOOCH <sub>3</sub>
208906.1	1.82	HCOOCH <sub>3</sub>	209806.1	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	210548.7	1.23	SO <sup>18</sup> O	211786.1	1.32	HCOOCH <sub>3</sub>
208918.6	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	211804.9	1.84	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	209813.6	1.06	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	210557.4	1.44	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	211812.4	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	209821.7	0.56	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	211816.1	0.54	U
208927.4	1.11	CH <sub>2</sub> CHCN	209832.4	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	210571.1	0.24	U	211836.1	1.13	U
208942.4	1.79	CH <sub>2</sub> CHCN	209836.2	0.24	U	210579.8	0.29	U	211852.4	3.60	<sup>30</sup> SiO
208957.4	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	209842.4	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	210588.6	1.37	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	211873.6	0.82	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		Si <sup>17</sup> O	209847.4	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			HCOOCH <sub>3</sub>			SO <sup>18</sup> O
208961.1	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	209854.9	2.00	HCOOCH <sub>3</sub>	210598.7	0.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			U
		Si <sup>17</sup> O	209866.1	0.55	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	210612.3	0.30	U	211882.4	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
208969.9	1.15	CH <sub>2</sub> CHCN	209871.1	3.47	HCOOCH <sub>3</sub>	210623.7	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	211893.6	0.16	U
208976.1	0.60	CH <sub>2</sub> CHCN	209882.4	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	211898.7	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
208992.3	0.55	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	209889.9	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	210640.0	0.23	U	211936.1	0.15	U
209009.9	3.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	209893.6	0.16	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	210646.1	0.23	U	211941.1	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
209023.6	1.60	CH <sub>2</sub> CHCN	209901.2	0.20	H <sup>+</sup> 44 $\gamma$	210658.6	0.15	U	211951.1	0.51	CH <sub>3</sub> CHO
		HCOOCH <sub>3</sub>			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$	210671.2	0.17	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	211959.9	0.12	U
209031.1	1.87	HCOOCH <sub>3</sub>	209919.9	3.03	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	211963.6	0.25	CH <sub>3</sub> CHO
209043.6	1.38	HCOOCH <sub>3</sub>	209933.6	5.14	HCOOCH <sub>3</sub>	210676.1	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>	211969.9	0.17	U
209047.3	1.14	CH <sub>2</sub> CHCN	209938.7	5.51	SO <sub>2</sub>	210679.9	0.13	U	211973.7	0.24	U
209057.4	0.22	U	209966.1	0.15	U	210696.1	0.10	DCOOCH <sub>3</sub>	211976.1	0.24	HCCO <sup>15</sup> N
209062.4	0.11	U	209977.4	0.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	210704.4	0.11	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	211986.1	0.24	CH <sub>3</sub> CHO
209072.4	0.83	U			U	210713.6	0.15	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7 + \nu_5$	211993.6	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
209078.6	1.93	CH <sub>2</sub> CHCN	209988.6	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	210724.9	0.13	U	212003.6	0.12	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$
209091.1	0.52	CH <sub>2</sub> CHCN	209992.4	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	210741.1	0.31	U	212009.9	0.15	U
209101.1	0.17	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	210766.2	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	212016.1	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>
209114.8	0.20	NS	209994.9	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	210771.2	0.11	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
209123.6	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	210781.1	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	212021.2	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>
209132.4	0.47	NS	210006.1	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210793.7	0.03	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CHO
209140.0	0.54	NS	210013.6	0.10	U	210802.4	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	212031.1	0.40	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
209147.4	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	210028.7	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CHO
209151.1	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	210047.3	3.16	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	210812.4	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	212041.1	2.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
209166.1	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN	210063.7	0.16	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 3$	210818.6	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	212061.1	0.12	CH <sub>3</sub> CHO
209177.3	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	210093.6	0.17	<sup>30</sup> SiS			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	212067.4	0.18	CH <sub>3</sub> CHO
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	210827.4	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	212077.4	0.15	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210899.9	0.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	212088.6	0.08	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
209181.1	0.24	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	210959.9	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	212106.1	0.17	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^-$
209191.2	0.37	U	210099.8	0.13	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
209201.1	4.93	H <sub>2</sub> CS	210107.4	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$			HCOOCH <sub>3</sub>	212129.9	0.11	CH <sub>3</sub> CHO
209211.1	1.58	HCOOCH <sub>3</sub>	210111.1	0.14	HCDCHCN	210974.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	212153.7	0.27	CH <sub>3</sub> CHO
209222.4	4.16	HCOOCH <sub>3</sub>	210117.3	0.16	U	210986.1	0.11	SO <sup>17</sup> O			NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
209231.1	11.6	HCOOCH <sub>3</sub>	210122.3	0.91	U	211016.1	5.77	<sup>34</sup> SO	212159.9	0.16	U
		HCCCN	210127.3	0.11	U	211041.1	0.11	U	212163.7	0.10	U
209261.2	0.02	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	210151.1	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	211047.4	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	212172.4	0.13	U
209267.3	0.18	U	210153.6	0.15	U	211058.7	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	212179.9	0.14	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
209274.9	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	210157.4	0.10	U	211063.6	0.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	212213.5	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210162.3	0.12	U			HCOOCH <sub>3</sub>	212219.8	0.04	HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
209279.9	0.26	CH <sub>3</sub> DCN	210166.8	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	211067.3	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	212227.4	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
209286.1	0.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	210172.4	0.20	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	211097.4	0.18	CH <sub>3</sub> OH	212233.7	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
209306.1	1.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	210174.9	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	211178.6	0.11	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
209321.1	0.67	U	210184.9	0.18	U			U	212258.6	0.50	CH <sub>3</sub> CHO
209332.4	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	210197.5	0.19	U	211212.3	17.91	H <sub>2</sub> CO			NH <sub>2</sub> CHO
209338.7	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	210203.6	0.12	U	211243.6	0.28	CH <sub>3</sub> CHO	212277.4	0.45	NH <sub>2</sub> CHO
209343.7	0.21	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 + \nu_4$	210209.9	0.39	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	212288.6	0.17	U
		CH <sub>2</sub> CHCN	210213.6	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	211256.2	0.94	HCOOCH <sub>3</sub>	212294.7	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
209364.9	1.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	210217.3	0.17	U	211267.4	0.80	HCOOCH <sub>3</sub>	212309.9	0.15	U
		HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	210227.4	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	211273.6	0.22	CH <sub>3</sub> CHO	212324.9	0.77	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
209372.4	0.44	U	210256.1	0.12	U	211283.6	0.03	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			NH <sub>2</sub> CHO
209384.9	0.14	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	210263.7	0.13	U	211321.1	0.11	U	212336.1	0.10	U
209394.9	0.16	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	210267.4	0.11	U	211323.6	0.11	U	212347.4	1.12	CH <sub>2</sub> CHCN
		g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	210271.1	0.11	U	211331.1	0.49	NH <sub>2</sub> CHO	212364.8	0.10	U
209406.1	0.81	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210277.4	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	211361.1	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	212386.2	0.23	CH <sub>3</sub> CHO
209423.6	1.59	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	210286.1	0.16	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	211377.4	0.11	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
209429.9	1.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210293.6	0.15	U	211386.1	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	212397.4	0.13	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
209434.9	1.15	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	210296.2	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	212401.1	0.25	CH <sub>3</sub> CHO
		SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	210299.8	0.14	CH <sub>2</sub> DCCH	211392.4	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
209443.6	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	211419.9	0.13	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	212411.2	0.14	U
209451.1	0.46	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210311.1	1.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	211427.4	0.12	U	212423.6	0.11	U
209456.1	0.48	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			HDO	211431.2	0.19	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	212429.8	0.53	NH <sub>2</sub> CHO
209461.1	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	210323.7	0.21	U			U	212434.9	0.54	NH <sub>2</sub> CHO
209473.6	1.45	HCOOCH <sub>3</sub>	210334.9	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	211449.8	0.11	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7 + 2\nu_6$	212441.0	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>
209487.4	2.29	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	211458.6	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	212473.6	0.21	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
209493.6	1.64	HCOOCH <sub>3</sub>	210354.9	0.17	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>
209503.6	0.42	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	210357.4	0.29	U	211469.9	1.02	CH <sub>2</sub> CHCN	212487.3	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
209509.9	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	210366.1	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	211483.7	0.21	U	212499.9		

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm															
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies		Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
212757.4	1.54	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214131.1	0.14	U		215184.9	1.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216048.6	1.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
212776.1	0.38	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		214139.9	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		215223.7	33.2	SO		216079.9	4.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
212791.1	1.76	CH <sub>2</sub> CHCN		214151.1	0.23	U		215256.1	1.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216111.1	1.40	HCOOCH <sub>3</sub> / DCO <sup>+</sup>	
		SO <sup>18</sup> O		214154.9	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		215269.8	0.11	U		216116.1	1.44	HCOOCH <sub>3</sub>	
212811.1	1.62	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO		214158.7	0.20	U		215278.7	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216134.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	
212828.7	0.14	U		214172.4	0.14	U		215289.9	1.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216148.6	0.27	OC <sup>33</sup> S	
212833.6	0.82	NH <sub>2</sub> CHO		214181.2	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		215294.9	0.60	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216158.6	0.19	U	
212854.9	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN		214193.6	0.28	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		215303.6	2.38	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		216162.4	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
		H <sub>2</sub> CCS		214198.6	0.17	U		215340.0	0.37	U		216186.2	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
212862.3	0.18	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>		214200.9	0.05	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		215356.1	0.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216192.4	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214218.6	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216194.9	0.15	U	
212868.7	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214224.8	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		215361.1	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216201.2	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
212872.4	0.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214231.1	0.43	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN		215368.7	0.25	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		216212.3	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>	
		HCOOCH <sub>3</sub>		214254.9	0.11	U		215374.8	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216217.4	1.40	HCOOCH <sub>3</sub>	
212881.1	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		214264.9	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN		216239.9	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	
		HCOOCH <sub>3</sub>		214268.7	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
212971.2	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>		214274.9	0.25	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN		215381.1	0.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216271.1	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		214281.2	0.13	U		215403.6	2.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216274.9	0.10	U	
212983.7	1.19	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>		214288.7	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		215409.9	1.68	HCOOH		216278.6	0.14	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	
213038.7	1.27	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO		214312.3	0.55	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216328.6	0.31	U	
213071.1	11.0	<sup>33</sup> SO		214319.9	0.15	CH <sub>2</sub> CHC <sup>15</sup> N		215431.1	3.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216356.1	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	
		SO <sub>2</sub>		214323.7	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216361.0	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	
213111.2	0.25	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>		214328.7	0.17	U		215451.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216372.4	0.28	CCD	
213124.8	0.47	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>		214339.9	1.55	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN				NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{22} = 1$				<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$		214360.0	6.93	SO		215458.7	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
213132.4	0.33	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>				<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN				t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		216416.1	0.16	SO <sup>18</sup> O	
213137.3	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		215471.2	0.35	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>				g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
213161.2	1.11	CH <sub>3</sub> OH				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		215478.7	1.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216497.4	0.10	U	
213171.2	0.43	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$		214381.1	5.27	<sup>34</sup> SH <sub>2</sub>		215487.4	0.35	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> H		216507.4	0.16	U	
213187.4	0.14	U				<sup>28</sup> SiO		215499.9	1.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216511.1	0.15	U	
213197.4	0.19	U		214429.9	0.32	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		216527.4	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
213201.1	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN				(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		215503.6	1.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216547.3	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
213214.9	0.10	U		214434.8	0.23	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216569.9	1.59	NH <sub>2</sub> D	
213218.7	0.18	H <sup>15</sup> NCO				g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				CCD	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N		214442.4	0.10	U		215516.1	0.57	U				H <sub>2</sub> CO	
213246.1	0.34	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$		214454.9	0.11	U		215526.1	0.14	DCOOCH <sub>3</sub>		216582.4	0.35	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
213252.4	0.63	U		214472.4	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				U				<sup>13</sup> CN	
213287.3	1.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		214476.1	0.16	U		215548.6	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				CH <sub>3</sub> CHO	
213293.6	0.72	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO		214501.1	3.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		215551.1	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216589.8	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	
213344.9	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		214517.4	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>		215562.9	0.70	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216598.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub> / <sup>13</sup> CN	
		U		214542.3	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		215567.4	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216636.1	4.49	SO <sub>2</sub>	
213356.1	0.14	U		214547.4	0.15	U		215579.8	1.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216646.1	10.3	SO <sub>2</sub>	
213359.9	0.74	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>		214553.7	0.16	NH <sub>2</sub> CHO				CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216664.9	0.48	HDCS	
		HCS <sup>+</sup>		214561.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N		215593.7	0.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$		216668.6	0.12	U	
213378.6	0.95	CH <sub>3</sub> OH		214568.6	0.11	U				SiO v = 1		216672.3	0.29	SO <sup>17</sup> O	
213387.4	0.11	U		214573.6	0.14	<sup>13</sup> C <sup>17</sup> O		215602.4	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
213428.6	7.37	CH <sub>3</sub> OH		214583.6	0.09	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>		215613.6	0.23	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		216678.6	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> / U	
213447.4	0.42	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214602.4	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				HC <sub>5</sub> N		216703.7	2.81	SH <sub>2</sub>	
		g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		214623.6	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>		215623.6	3.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216713.7	8.33	SH <sub>2</sub>	
213454.9	0.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>				CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		215638.7	0.10	U		216742.3	0.11	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	
213458.7	0.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214632.4	1.37	HCOOCH <sub>3</sub>		215653.6	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
213462.4	0.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		214653.6	1.52	HCOOCH <sub>3</sub>				U		216744.9	0.11	U	
213478.6	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		214692.3	13.6	SO <sub>2</sub>		215657.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216756.1	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
213489.8	0.13	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>		214731.2	4.52	SO <sub>2</sub>				U		216759.9	0.60	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	
		U		214756.1	0.12	U		215665.0	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				HCOOCH <sub>3</sub>	
213521.1	0.37	D <sup>13</sup> CN		214783.6	1.85	HCOOCH <sub>3</sub>		215671.1	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		216783.6	0.24	U	
213529.8	0.24	U		214793.6	1.87	HCOOCH <sub>3</sub>		215678.6	0.11	U		216809.9	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	
213532.4	0.26	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		214802.3	0.28	CH <sub>3</sub> CHO		215682.4	0.12	U		216816.1	0.17	U	
213554.9	1.99	OC <sup>34</sup> S				CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>		215688.7	0.75	NH <sub>2</sub> CHO		216831.1	2.07	HCOOCH <sub>3</sub>	
213701.1	0.63	U		214828.6	0.10	U				CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$		216840.0	2.18	HCOOCH <sub>3</sub>	
213711.2	0.24	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN		214837.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>		215702.4	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216847.4	0.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
213726.1	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN				SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$		215708.6	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		216859.9	0.11	U	
213740.9	0.03	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>		214844.9	0.47	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		215713.6	0.12	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN		216882.4	0.32	HCCCS	
213788.6	0.17	U				CH <sub>3</sub> CHO		215723.7	0.19	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH		216912.4	0.16	U	
213811.1	0.45	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>		214857.5	0.35	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO		215727.4	0.24	U		216922.4	0.31	U	
213818.7	0.21	<sup>29</sup> SiS		214864.9	0.12	U		215734.8	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216939.9	1.60	CH <sub>2</sub> CHCN	
213822.4	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN		214868.7	0.11	U		215741.2	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$		216946.2	6.52	CH <sub>3</sub> OH	
213831.2	0.16	U		214872.3	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO				U		216959.9	0.84	U	
213846.1	0.15	CCCS													

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm								
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies
217286.2	0.10	$^{13}\text{CN}$	218051.1	0.23	$\text{CH}_3\text{CH}_2^{13}\text{CN}$	219223.6	1.30	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$
217291.2	0.14	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218058.5	0.13	$\text{c-C}_3\text{H}_2$	219243.6	0.97	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$
		$^{13}\text{CN}$	218072.4	0.10	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$			$\text{SO}^{17}\text{O}$
217301.1	5.31	$\text{CH}_3\text{OH } \nu_t = 1$			$\text{U}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
217313.6	0.98	$\text{U}$	218079.9	0.13	$\text{U}$	219266.1	0.89	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$
217318.6	0.15	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	218083.7	0.13	$\text{U}$			$\text{HCOOCH}_3$
217342.3	0.15	$\text{U}$	218092.4	0.40	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
217364.8	0.11	$\text{U}$	218109.8	0.60	$\text{U}$	219278.6	3.05	$\text{SO}_2$
217401.1	1.09	$\text{HC}^{13}\text{CCN}$	218128.7	0.68	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	219302.4	0.14	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$
		$^{13}\text{CH}_3\text{OH}$	218157.4	0.40	$\text{U}$			$\text{DNCS}$
217411.1	0.21	$^{34}\text{SO}_2$			$\text{C}_3\text{H}_2$	219312.4	0.15	$\text{CH}_3\text{OCH}_3$
217422.4	0.86	$\text{HOC}^{13}\text{CN}$	218163.7	0.39	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
217430.5	0.29	$\text{t-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	218177.4	0.14	$\text{U}$	219326.1	1.07	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$
217458.7	0.18	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	218183.7	0.15	$\text{NH}_2\text{CHO } \nu_{12} = 1$	219338.6	0.66	$\text{U}$
217467.4	0.13	$^{13}\text{CN}$	218201.1	0.99	$\text{O}^{13}\text{CS}$	219347.5	1.83	$^{34}\text{SO}_2$
217476.2	0.12	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$			$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	219357.3	4.49	$^{34}\text{SO}_2$
217483.6	0.11	$\text{CH}_2^{13}\text{CHCN}$	218222.4	16.6	$\text{H}_2\text{CO}$	219393.6	0.15	$\text{HNCO}$
		$^{13}\text{CN}$	218246.2	0.13	$\text{SO}^{17}\text{O}$	219403.6	1.65	$\text{CH}_2\text{CHCN}$
		$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	218252.4	0.13	$\text{OCS } \nu_3 = 1$	219412.4	0.57	$\text{CH}_3^{18}\text{OH}$
217491.1	0.11	$\text{U}$	218257.4	0.19	$\text{HCC}^{13}\text{CN } \nu_7 = 1^+$	219426.1	0.05	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$
217499.9	0.42	$\text{g-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			$\text{HCOOCH}_3$	219441.1	0.20	$\text{U}$
		$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$	218282.4	1.51	$\text{HCOOCH}_3$	219467.4	1.00	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
217513.6	0.14	$\text{U}$	218298.7	1.52	$\text{HCOOCH}_3$			$\text{CH}_3\text{OCH}_3$
217526.1	0.16	$\text{CH}_3\text{OH}$	218328.7	11.6	$\text{HCCCN}$			$\text{SO}_2 \nu_2 = 1$
217549.8	0.13	$\text{g}^+-\text{g}^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	218359.8	0.16	$\text{U}$	219474.9	0.14	$\text{U}$
217558.6	0.07	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	218374.9	0.15	$\text{U}$	219488.6	0.10	$\text{U}$
217568.6	0.93	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$	218393.6	4.33	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	219508.6	4.58	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
217583.6	0.10	$\text{DCOOCH}_3$	218401.1	2.45	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219561.1	4.26	$\text{C}^{18}\text{O}$
		$\text{U}$	218404.9	2.43	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219579.9	0.26	$\text{HCOOCH}_3$
217596.1	0.45	$\text{U}$	218424.9	1.34	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219586.1	0.34	$\text{HCOOCH}_3$
217612.4	0.18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218441.1	9.72	$\text{CH}_3\text{OH}$	219594.2	0.20	$\text{HCOOCH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$	218454.9	2.53	$\text{CH}_2\text{CHCN}$			$^{13}\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$
217617.4	0.36	$\text{CH}_3^{13}\text{CH}_2\text{CN}$	218461.1	1.79	$\text{t-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	219601.1	0.15	$\text{HCOOCH}_3$
		$\text{c-C}_2\text{H}_4\text{O}$	218466.1	2.25	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219616.1	0.17	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$
217629.8	0.18	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$			$\text{HCOOCH}_3$	219623.7	0.40	$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218476.1	8.95	$\text{H}_2\text{CO}$			$\text{CCCS}$
217632.4	0.17	$\text{U}$	218512.4	0.18	$\text{CH}_3\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	219634.9	0.38	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{20} = 1$
217637.5	0.30	$\text{NO}$			$\text{DCOOCH}_3$	219643.6	0.13	$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
217643.6	0.91	$\text{CH}_3\text{OH } \nu_t = 1$	218522.4	0.97	$\text{CH}_2\text{CHCN}$			$\text{U}$
		$\text{g-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	218533.6	0.39	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{20} = 1$	219658.6	1.13	$\text{HNCO}$
217653.6	0.18	$\text{DCOOCH}_3$	218564.9	0.26	$\text{CH}_3\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	219677.3	1.07	$\text{HC}_3\text{N } \nu_7 = 2$
		$\text{U}$	218576.2	1.50	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219697.4	0.37	$\text{U}$
217657.4	0.20	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218588.6	1.80	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219709.9	1.18	$\text{HC}_3\text{N } \nu_7 = 2$
		$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$\text{HCOOCH}_3$	219738.7	2.56	$\text{HNCO}$
217678.6	0.12	$^{13}\text{CN}$	218602.4	0.16	$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$	219743.6	1.24	$\text{HC}_3\text{N } \nu_7 = 2$
217682.4	0.12	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$			$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	219764.9	0.31	$\text{U}$
217691.1	0.16	$\text{U}$	218617.4	1.42	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219773.6	0.15	$\text{U}$
217697.3	0.12	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218634.9	0.18	$\text{HCOOCH}_3$	219799.9	6.15	$\text{HNCO}$
		$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$\text{HN}^{13}\text{CO}$
217702.4	0.17	$\text{U}$	218638.6	0.17	$\text{CH}_3\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	219823.7	0.56	$\text{U}$
217707.3	0.09	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	218656.1	0.15	$\text{t-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	219827.4	0.28	$\text{U}$
217714.9	0.24	$\text{U}$	218669.3	0.41	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219908.6	2.89	$\text{H}_2^{13}\text{CO}$
217722.3	0.09	$\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$	218676.1	0.17	$\text{HC}_3\text{N } \nu_6 + \nu_4$	219951.1	38.8	$\text{SO}$
217739.9	0.21	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$			$\text{CH}_2\text{CHCN}$	219984.9	0.96	$\text{CH}_3\text{OH}$
		$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	218684.9	0.87	$\text{HC}_3\text{N } \nu_6 = 1^-$			$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
217746.1	0.29	$\text{HCOOCH}_3$			$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$	219994.9	0.81	$\text{CH}_3\text{OH}$
		$\text{HC}^{13}\text{CCN } \nu_6 = 1^-$	218706.1	0.13	$\text{HC}^{13}\text{CCN } \nu_7 = 2$	220012.4	0.09	$\text{CH}_3\text{OH } \nu_t = 1$
217752.3	0.12	$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	218723.6	0.13	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$			$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
217777.3	0.34	$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	218732.3	0.30	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$	220031.1	0.55	$\text{U}$
		$\text{U}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	220038.6	0.35	$\text{HCOOH}$
217781.9	0.40	$\text{U}$			$\text{C}_3\text{H}_2$	220044.9	0.24	$\text{U}$
217796.8	0.20	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	218742.4	1.61	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$	220079.9	7.16	$\text{CH}_3\text{OH}$
		$\text{HCOOCH}_3$	218761.1	9.40	$\text{H}_2\text{CO}$	220139.9	0.22	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$
217804.9	0.55	$\text{t-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	218807.3	0.16	$\text{H}_2\text{CS}$	220154.9	0.23	$\text{CH}_2\text{CH}^{13}\text{CN}$
217816.2	1.76	$\text{SiSi}$	218814.8	0.14	$\text{HCC}^{13}\text{CN } \nu_7 = 2$			$\text{t-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
217823.7	2.03	$\text{SiSi}$			$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	220167.4	2.00	$\text{HCOOCH}_3$
		$\text{C}_3\text{H}_2$	218832.3	0.19	$\text{g}^+-\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	220178.6	0.97	$\text{H}_2\text{CCO}$
217835.0	3.33	$^{33}\text{SO}$			$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$	220191.1	1.70	$\text{HCOOCH}_3$
217856.1	0.12	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218844.8	0.18	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$	220204.9	0.29	$\text{U}$
217858.6	0.14	$\text{CH}_2\text{DCH}_2\text{CN}$			$\text{HN}^{13}\text{CO}$	220210.5	0.09	$\text{CCS}$
217869.9	0.12	$\text{U}$	218863.7	4.48	$\text{HC}_3\text{N } \nu_7 = 1^-$	220231.2	0.11	$\text{U}$
217877.4	0.14	$\text{U}$	218879.9	0.43	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{15} = 1$	220258.7	0.40	$\text{U}$
217888.6	2.90	$\text{CH}_3\text{OH}$			$^{33}\text{SO}_2$	220272.4	0.10	$\text{U}$
217903.6	0.11	$^{34}\text{SO}_2$	218887.5	0.47	$\text{U}$	220294.9	0.17	$\text{U}$
217906.1	0.12	$\text{U}$	218904.9	10.2	$\text{OCS}$	220298.6	0.23	$\text{CH}_3^{13}\text{CN}$
217911.0	0.11	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$	218923.7	0.21	$\text{c-C}_2\text{H}_4\text{O}$	220308.7	0.23	$\text{U}$
		$\text{HCOOCH}_3$	218949.9	0.25	$\text{CH}_2\text{CH}_3^{13}\text{CN}$	220324.9	0.27	$^{13}\text{CH}_3\text{OH}$
217914.9	0.16	$\text{HC}^{13}\text{CCN } \nu_7 = 1^-$	218956.2	0.28	$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$			$\text{CH}_3\text{CN}$
217923.6	0.14	$\text{HC}^{13}\text{CCN } \nu_6 = 1^+$			$\text{CH}_2\text{CHCN}$			$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	218967.4	0.40	$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	220341.1	0.09	$\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$
		$\text{U}$			$\text{U}$	220347.4	0.45	$\text{U}$
217927.3	0.15	$\text{U}$	218973.7	0.40	$\text{U}$	220357.4	0.49	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
217936.0	0.12	$\text{CH}_3\text{OCH}_3$	218983.7	4.60	$\text{HNCO}$	220363.5	0.91	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
		$\text{HCOOCH}_3 \text{ H}$	218997.4	0.31	$\text{SO}_2 \nu_2 = 1$			$^{13}\text{CH}_3\text{OH}$
217939.9	0.25	$\text{g}^+-\text{g}^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}$	219006.8	0.30	$\text{CH}_3\text{OD}$	220369.9	1.18	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
217943.6	0.19	$\text{U}$	219023.6	0.15	$\text{U}$			$\text{CH}_3^{13}\text{CN}$
217954.8	0.95	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$	219029.9	0.34	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$	220398.6	26.9	$^{13}\text{CO}$
217978.6	0.05	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	219034.9	0.15	$\text{U}$			$\text{CH}_3\text{OH}$
217994.9	0.05	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}^{15}\text{N}$	219041.1	0.47	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$	220426.2	0.44	$\text{U}$
218003.6	0.22	$\text{g-CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	219069.9	0.13	$\text{CH}_2\text{CHCN}$	220432.4	0.32	$\text{CH}_3^{13}\text{CN}$
		$\text{CH}_3\text{CCD}$	219078.7	0.30	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$			$\text{HCOOCH}_3$
		$^{13}\text{CN}$	219102.4	0.34	$\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$	220446.1	0.12	$\text{U}$
218011.1	0.16	$\text{SiN}$			$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$	220451.1	0.10	$\text{U}$
		$^{13}\text{CN}$			$\text{HCOOCH}_3$	220467.4	0.28	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$
218017.3	0.21	$\text{DCN } \nu_2 = 1$	219128.6	0.19	$\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{11} = 1$	220477.3	1.79	$\text{CH}_3\text{CN}$
218024.9	0.50	$\text{HC}_3\text{N } \nu_4 = 1$	219136.1	0.11	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN } \nu_{13} / \nu_{21}$	220487.4	0.40	$\text{CH}_3^{13}\text{CN}$
		$\text{g}^+-\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	219141.2	0.14	$\text{CCS}$	220493.6	0.16	$\text{U}$
218031.2	0.9							

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm												
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
221396.1	1.96	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	222408.6	0.14	U	223223.6	0.12	U	224189.9	1.60	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221405.0	1.57	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	222416.1	0.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	223232.4	0.31	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
221424.8	2.22	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	222423.7	1.21	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	223248.6	0.28	U	224211.1	5.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		HCOOCH <sub>3</sub>				223256.1	0.18	CH <sub>2</sub> DCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$				223268.6	0.11	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	224217.3	2.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221433.6	1.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				223278.0	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224234.9	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		HCOOCH <sub>3</sub>				223296.1	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	224267.3	12.7	SO <sub>2</sub>	
221447.4	1.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	222434.9	1.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	224294.9	0.21	DNCO	
		HCOOCH <sub>3</sub>	222442.4	1.64	HCOOCH <sub>3</sub>			U	224299.9	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	222453.6	0.10	U	223304.9	0.11	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	
221498.6	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	222468.7	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	223309.9	0.43	CH <sub>3</sub> OD			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221529.8	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	222472.3	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	223317.4	0.30	CH <sub>2</sub> DOH			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221568.7	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	222491.1	0.33	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223323.7	0.19	U	224307.4	0.33	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221598.6	0.14	U				223327.3	0.23	U	224314.8	2.12	HCOOCH <sub>3</sub>	
221611.2	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	222501.2	0.14	CH <sub>3</sub> CHO	223333.6	0.33	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	224318.6	1.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221627.4	1.77	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	222507.4	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	224328.7	3.26	H <sub>2</sub> CCO	
221651.1	0.75	HCOOCH <sub>3</sub>	222519.8	0.12	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	223343.6	0.15	U			HCOOCH <sub>3</sub>	
221662.3	1.94	HCOOCH <sub>3</sub>	222537.4	0.13	U	223347.4	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221672.4	0.86	HCOOCH <sub>3</sub>	222558.6	0.11	U	223353.6	0.16	U	224339.8	0.12	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221676.2	1.32	HCOOCH <sub>3</sub>	222567.4	0.11	U	223359.9	0.13	U	224347.4	0.17	DNCO	
221684.9	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CCH	222572.4	0.15	U	223363.6	0.15	U	224349.8	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
221693.5	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>	222576.2	0.21	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	223388.6	4.21	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>			DNCO	
221709.9	0.11	U	222583.6	0.14	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$	223410.0	0.39	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	224352.4	0.16	HCCCS	
221718.6	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	222589.9	0.13	CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10} = 1$	223423.6	0.25	CH <sub>2</sub> DOH	224361.1	0.28	U	
221738.7	2.36	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	222601.1	0.13	U	223436.4	1.29	SO <sub>2</sub>	224368.6	0.22	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	222614.9	0.37	HCOOCH <sub>3</sub>	223447.4	0.25	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	224374.9	0.17	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221763.6	0.51	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	222621.2	0.30	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	224383.6	1.92	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
		HCOOCH <sub>3</sub>	222627.4	0.21	U			NH <sub>2</sub> CHO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
221768.6	1.64	CH <sub>2</sub> CHCN	222631.1	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	223453.8	0.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	224392.3	1.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221794.9	0.57	SO <sup>18</sup> O	222636.1	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	223466.1	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221808.6	0.10	U	222639.3	0.16	U	223483.6	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	224398.6	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221813.6	0.19	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	222649.9	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	223491.1	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	224403.7	0.43	SO <sup>17</sup> O	
221826.1	0.14	CH <sub>3</sub> CCH	222658.6	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>	223501.1	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>	224412.4	1.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>				223514.8	0.36	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224422.4	4.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221832.4	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>						<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		HCOOCH <sub>3</sub>	222667.4	0.11	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	223521.1	0.15	U	22443.6	0.29	NO	
221837.4	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	222673.6	0.05	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	223536.1	0.63	U			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221842.3	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	222678.6	0.18	$g^+ - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	223541.1	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	224462.4	4.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221854.9	0.30	U	222682.4	0.10	U			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221863.6	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	222689.9	0.10	U	223556.2	4.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	224482.3	1.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	222696.1	0.13	U	223561.1	0.15	U	224492.4	2.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	222709.9	1.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223599.9	0.14	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	224501.1	1.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221891.2	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$				223617.4	0.10	U	224509.9	0.56	U	
221902.4	0.18	U	222724.9	1.38	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	223623.6	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224518.0	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221908.6	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	222742.5	0.24	$g - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			HCOOCH <sub>3</sub>	224538.6	0.19	U	
221912.4	0.13	U	222786.1	0.21	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	223636.2	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	224549.9	0.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
221914.9	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$						$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			CCN	
221921.2	0.48	CH <sub>3</sub> OD	222788.6	0.19	U	223642.4	0.19	$t - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
221926.1	0.16	U	222793.6	0.17	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	223652.4	0.64	CH <sub>3</sub> CHO			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
221967.4	25.5	SO <sub>2</sub>	222803.6	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	224556.1	1.00	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
222018.6	0.27	H <sub>2</sub> CCO	222809.8	0.14	U	223661.0	0.39	CH <sub>3</sub> CHO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
222027.3	0.96	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	222826.2	0.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	223676.1	0.45	U	224561.1	1.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222033.7	0.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	222829.7	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223683.6	1.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	224569.9	0.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222047.4	0.22	U				223692.4	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224583.6	2.33	HCOOCH <sub>3</sub>	
222051.1	0.16	U				(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	223696.1	0.32	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
222054.9	0.12	U	222843.6	0.13	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	223709.8	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN	224591.2	1.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222061.1	0.44	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	222848.6	0.17	U	223718.6	0.22	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
		CH <sub>3</sub> CCH	222891.1	0.31	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223723.7	0.28	U	224601.2	0.39	HCOOCH <sub>3</sub>	
222068.7	0.26	U	222901.0	0.49	HNCS	223734.9	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224610.0	2.08	HCOOCH <sub>3</sub>	
222078.7	0.38	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH				223743.6	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	224619.9	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	
222092.4	0.26	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	222921.1	4.88	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223747.9	0.16	U	224633.7	1.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	
222098.6	0.35	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	222948.0	0.31	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	223757.4	0.33	SO <sup>18</sup> O			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
222114.9	0.09	U						$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222121.2	0.21	H <sub>2</sub> CCO	222956.1	0.09	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	223763.6	0.20	U	224642.3	4.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
222128.6	1.11	CH <sub>3</sub> CCH	222964.9	0.52	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	223768.7	0.49	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	
222139.9	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	222973.6	0.34	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	223777.4	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
		$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$						CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	224664.9	0.16	U	
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	222983.6	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	223786.2	0.25	U	224671.2	0.22	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	
222149.9	1.65	CH <sub>3</sub> CCH	222999.9	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	223802.4	0.12	U	224678.6	0.10	U	
222156.1	1.67	CH <sub>2</sub> CHCN	223017.4	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	223812.4	1.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	224683.6	0.15	DCOOCH <sub>3</sub>	
222162.4	1.78	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$				223821.1	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			U	
		CH <sub>3</sub> CCH	223024.9	0.12	DNCO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	224701.1	3.62	CH <sub>3</sub> OH	
222167.3	1.56	CH <sub>3</sub> CCH	223028.6	0.17	U			HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
222178.6	0.84	U	223039.7	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	223847.3	0.16	U	224714.9	1.61	C <sup>17</sup> O	
222184.9	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	223047.4	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 7$	223852.3	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222201.1	1.21	H <sub>2</sub> CCO	223052.4	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	224728.6	1.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
222212.3	0.24	U										



Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
224938.7	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	225878.6	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	226758.6	0.14	U	227616.2	0.12	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
224943.6	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	225899.9	6.14	HDO	226766.1	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227628.6	1.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
224947.4	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	225914.9	0.20	U	226774.8	1.39	HCOOCH <sub>3</sub>	227648.7	0.71	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
224958.7	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	225918.6	0.11	U			CH <sub>3</sub> OD	227657.5	0.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
224968.7	0.11	U	225929.9	0.57	HCOOCH <sub>3</sub>	226779.8	1.56	HCOOCH <sub>3</sub>	227667.3	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
224977.4	0.28	HCOOH	225933.7	0.21	U			CH <sub>3</sub> OD	227673.7	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>
224992.4	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	225936.2	0.26	U	226784.9	0.58	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227701.2	0.02	DCOOCH <sub>3</sub>
224998.6	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	225939.9	0.16	SO <sup>18</sup> O			CH <sub>3</sub> OD			U
225001.1	0.15	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	225944.9	0.12	U	226796.1	0.11	U	227713.7	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>
225009.9	0.23	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	225996.1	0.14	NCS	226806.1	0.14	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	227731.2	0.29	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	226001.1	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	226814.8	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227751.2	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
225023.6	0.14	U	226006.1	0.21	U	226819.9	0.28	CH <sub>3</sub> DOH	227761.2	0.32	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
225029.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	226011.2	0.17	U	226826.1	0.22	CH <sub>3</sub> OD			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$	226017.4	0.13	U	226833.6	0.64	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227783.7	5.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
225034.9	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	226021.1	0.10	U	226837.4	0.49	CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1^-$
225043.6	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	226036.1	0.23	U			HCC <sup>13</sup> CN $\nu_6 = 1^-$	227803.7	0.34	U
225053.7	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	226043.6	0.25	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	226849.8	0.44	U	227816.1	3.47	CH <sub>3</sub> OH
		U	226051.1	0.13	U	226858.6	0.81	HCOOCH <sub>3</sub>	227823.7	0.53	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O
225058.6	0.10	U	226058.7	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226863.6	1.10	HCOOCH <sub>3</sub>	227838.7	0.47	U
225066.1	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	226073.6	0.33	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	226874.8	5.04	CN	227842.4	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>
225078.6	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN	226079.9	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	226879.8	1.84	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227901.1	1.90	CH <sub>2</sub> CHCN
225081.1	0.13	U			226887.5	1.29	CN	227904.8	1.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
225087.5	0.26	HCOOH	226092.3	0.69	U	226892.4	1.16	CN	227909.8	2.22	CH <sub>2</sub> CHCN
225092.4	0.26	HCOOH	226096.1	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OD	227921.1	1.54	CH <sub>2</sub> CHCN
225103.6	0.21	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226114.9	0.11	U	226904.9	0.22	CN	227928.6	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
225111.1	0.29	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226120.6	0.15	U	226907.5	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227941.2	0.62	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226127.4	0.34	U	226914.9	0.20	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>
225116.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	226147.4	0.14	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	227949.9	0.20	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 + \nu_6$
225121.1	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	226153.7	0.11	U	226923.6	0.16	CH <sub>3</sub> OD	227956.2	0.37	HCOOCH <sub>3</sub>
225146.2	8.47	SO <sub>2</sub>	226158.6	0.11	U	226929.9	0.12	U			HNC <sup>18</sup> O
225156.1	16.21	SO <sub>2</sub>	226162.3	0.15	U	226941.1	0.23	CH <sub>3</sub> OH	227963.6	1.54	CH <sub>2</sub> CHCN
225183.7	0.21	U	226168.6	0.12	U			CH <sub>3</sub> OD	227969.8	3.13	CH <sub>2</sub> CHCN
225194.9	0.09	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	226187.4	0.26	CH <sub>3</sub> OD	226948.6	0.21	U			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1^+$
225204.9	0.78	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	226194.8	0.12	U	226953.0	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>	227979.8	5.57	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1^-$
225217.4	0.25	U	226197.4	0.13	U			U	227994.9	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
225221.2	0.12	U	226204.9	0.10	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226964.9	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>
225238.6	3.78	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	226213.6	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	226977.4	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	227998.6	0.16	U
		HCOOH	226219.8	0.28	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	228007.3	0.22	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
225267.4	0.15	U	226228.6	0.16	U	226982.4	0.24	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_1 = 2$			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
225279.8	0.29	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226237.4	0.17	U	226992.4	1.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	228019.9	1.11	CH <sub>2</sub> CHCN
225283.7	0.23	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226246.1	0.18	U	227021.1	2.23	HCOOCH <sub>3</sub>	228029.9	0.54	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
225301.1	1.07	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	226249.9	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	227029.8	2.65	HCOOCH <sub>3</sub>	228038.6	0.20	U
		CH <sub>2</sub> DCN	226259.8	1.84	CH <sub>2</sub> CHCN	227034.9	3.61	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	228059.9	1.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
225309.9	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	226267.3	0.60	U	227082.4	0.16	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN	228074.9	0.12	U
225314.9	0.48	CH <sub>3</sub> OH	226302.2	21.6	SO <sub>2</sub>	227096.1	2.34	CH <sub>3</sub> OH	228083.6	0.09	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>
225319.9	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	226327.3	0.48	U	227114.9	0.11	D <sub>2</sub> CS	228093.5	2.08	CH <sub>2</sub> CHCN
225361.0	0.18	U	226332.4	0.28	CN	227133.6	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	228107.4	1.71	CH <sub>2</sub> CHCN
225366.1	0.20	U	226336.1	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN	228116.2	1.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
225373.7	0.77	U	226341.2	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			U	228149.8	0.07	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$
225381.2	0.15	CH <sub>2</sub> DCN			CN	227142.3	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>	228153.6	0.66	OC <sup>38</sup> S
225404.9	0.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	226348.6	1.96	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	227147.4	0.13	U	228163.6	1.76	CH <sub>2</sub> CHCN
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226359.9	0.54	CN	227159.3	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	228169.9	0.95	CH <sub>2</sub> CHCN
225414.9	1.80	OC <sup>34</sup> S	226363.6	0.22	U			CH <sub>3</sub> CH <sup>13</sup> CN	228189.9	0.13	U
225442.4	0.38	U	226369.8	0.22	U	227173.6	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	228206.1	0.53	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
225449.9	0.76	U	226384.9	1.39	U	227181.2	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN			HCOOCH <sub>3</sub>
225457.5	0.23	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226396.2	0.15	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			D <sub>2</sub> CS	228212.4	0.90	U
225469.8	0.31	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	226401.1	0.22	CH <sub>2</sub> DCCH			U	228232.4	0.54	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
225479.8	0.33	SO <sup>18</sup> O			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	227208.6	0.06	U			U
225492.4	0.19	U	226436.2	1.51	HCOOCH <sub>3</sub>	227231.1	0.45	CH <sub>3</sub> OH	228247.4	0.12	U
225504.9	0.18	U	226457.4	0.97	HC <sup>13</sup> CCN	227241.1	0.14	U	228261.1	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
225513.6	0.48	HCOOH	226468.7	0.35	HCOOCH <sub>3</sub>	227247.4	0.24	CH <sub>3</sub> OD			CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>2</sub> DCN	226478.6	1.08	HCC <sup>13</sup> CN	227262.4	0.38	U	228271.1	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
225523.6	0.12	U	226486.2	0.52	U	227281.1	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>	228278.6	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
225534.9	0.16	U	226492.4	0.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	227289.9	0.16	U	228282.4	0.13	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$
225538.6	0.33	U	226496.1	0.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	227302.4	1.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
225547.3	0.25	g-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226501.1	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	227313.1	0.31	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	228287.3	0.17	U
225554.8	0.59	U	226509.9	0.36	SO <sub>2</sub>	227323.6	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sup>13</sup> CN	228306.1	3.86	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1^+$
225561.1	0.49	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226527.4	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 1^+$	228324.9	0.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 3$
225568.6	0.58	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	227327.3	0.47	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	228333.7	0.13	U
225572.3	0.77	CH <sub>2</sub> DCN	226532.4	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	227337.5	0.74	SO <sub>2</sub>	228342.4	0.25	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$
225587.4	1.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	226539.8	0.46	CH <sub>3</sub> OD	227349.9	0.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	226552.4	0.97	CH <sub>3</sub> CHO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	228361.2	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>
225599.8	4.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^+$			CH <sub>2</sub> CHCN
225609.9	2.18	HCOOCH <sub>3</sub>	226582.4	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	227361.2	0.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	228381.2	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
225619.9	2.31	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>			U	228386.1	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		CH <sub>2</sub> DCN	226593.5	0.29	CH <sub>3</sub> CHO	227378.6	0.20	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
225626.2	0.86	HCOOCH <sub>3</sub>	226606.1	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	227396.1	0.35	CH <sub>2</sub> DCCH	228409.9	0.18	H <sup>13</sup> COOH
225650.0	0.78	HCOOCH <sub>3</sub>	226613.7	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	227422.3	13.6	HCCCN	228423.7	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
225661.1	0.66	CH <sub>2</sub> DCN	226616.1	0.27	CN	227449.9	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	226631.1	1.							

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 nm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies
228603.6	0.16	CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	229471.1	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_8 = 2$	230072.3	0.14	U	230844.9	0.22	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
228619.3	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	229474.9	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	230076.1	0.16	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_6$	230848.6	0.11	U
228629.9	2.19	HCOOCH <sub>3</sub>	229479.9	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			DCOOCH <sub>3</sub>	230852.4	0.11	SO <sup>17</sup> O
228642.4	0.22	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	230079.8	0.11	U	230863.6	0.11	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
228652.4	2.28	HCOOCH <sub>3</sub>	229484.9	0.14	U	230091.1	0.12	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	230869.9	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
228662.3	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	229492.4	0.22	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	230094.9	0.16	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^+$	230879.9	0.26	U
228668.0	0.21	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	229496.2	0.15	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	230888.7	0.14	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	229506.1	1.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	230106.1	0.20	CH <sub>3</sub> OD	230892.4	0.15	U
228691.1	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>	230112.3	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	230896.1	0.12	U
		DCOOCH <sub>3</sub>	229534.9	0.14	HNC <sup>18</sup> O	230142.4	0.36	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	230899.9	0.12	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
228704.9	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>	229541.1	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	230906.2	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>
		U	229544.9	0.17	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_4$	230158.6	0.14	U			U
228713.6	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN	229548.6	0.22	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	230162.3	0.20	U	230918.6	0.14	HCDCHCN
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	230164.9	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			DCOOCH <sub>3</sub>
		U	229553.7	0.14	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	230171.1	0.58	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230922.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
228721.1	0.17	U	229557.4	0.12	SO <sup>18</sup> O			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	230926.2	0.16	U
228733.7	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229561.1	0.11	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	230177.4	0.33	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	230934.9	0.23	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
228761.1	0.10	HNC <sup>18</sup> O	229566.1	0.16	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230937.4	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
228772.4	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	229571.1	0.14	U	230184.9	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230943.6	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
228788.6	0.14	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	229577.3	0.14	U	230191.1	0.13	U	230948.6	0.59	U
228799.9	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	229591.1	1.81	CH <sub>3</sub> OH	230199.9	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>	230953.6	0.53	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$			HCOOCH <sub>3</sub>			U	230957.4	0.46	HCOOD
228824.9	1.07	CH <sub>2</sub> CHCN	229601.1	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230204.9	0.15	HCCC <sup>15</sup> N $\nu_7 = 1^-$			U
228846.1	0.08	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	229604.9	0.12	<sup>33</sup> S <sup>18</sup> O	230209.2	0.20	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	230961.1	0.18	U
228852.3	0.27	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	229607.4	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230964.9	0.14	U
228861.1	1.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	229623.6	0.10	U	230214.8	0.19	U	230968.6	0.15	SO <sub>2</sub>
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	229626.2	0.12	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	230219.8	0.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	230977.4	0.11	U
228874.9	0.14	U	229633.6	0.15	U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	230982.3	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>
228884.9	0.22	U	229638.7	0.18	U	230223.6	0.11	U			U
228887.4	0.22	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	229643.7	0.19	U	230229.9	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	230992.4	0.61	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	229651.1	2.04	CH <sub>2</sub> CHCN			SO <sup>17</sup> O			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
228901.1	1.25	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	231019.9	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
		SO <sup>18</sup> O	229661.1	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230234.9	1.43	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
228911.1	0.19	DNC	229667.3	0.13	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	231038.6	0.13	U
228916.1	0.17	U	229674.9	0.12	U	230242.4	0.16	U	231062.4	11.7	OCS
228959.9	0.07	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	229693.6	0.10	U	230246.1	0.18	DCOOCH <sub>3</sub>	231092.4	0.10	U
228976.1	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229697.4	0.11	CH <sub>2</sub> DCN	230251.1	0.12	SO <sup>17</sup> O	231099.9	0.11	U
228979.9	0.29	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229708.6	0.12	DNCO	230253.6	0.15	U	231104.9	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
228991.1	0.16	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_5$	230257.3	0.17	U	231114.9	0.12	U
228994.9	0.42	U	229728.7	0.15	U	230261.1	0.17	SO <sup>17</sup> O	231119.9	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
229009.9	0.19	U	229739.8	0.13	U	230263.6	0.18	DNCS	231136.1	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
229034.9	0.50	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229758.7	6.43	CH <sub>3</sub> OH	230266.1	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	231143.7	0.11	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
229042.4	0.37	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229772.3	0.27	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^-$	230271.1	0.10	U	231147.4	0.62	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
229057.4	0.83	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229777.4	0.20	CH <sub>3</sub> CHO	230283.7	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	231163.5	0.26	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN
229068.6	0.17	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	230294.9	0.34	CH <sub>3</sub> OH	231167.3	0.36	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
229071.2	0.15	U	229782.4	0.12	U			HCOOCH <sub>3</sub>	231174.9	0.64	CCCS
229079.9	0.59	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229789.8	0.17	U	230298.6	0.25	CH <sub>3</sub> CHO			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
229089.9	1.56	CH <sub>2</sub> CHCN	229794.8	0.12	U	230302.4	0.29	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	231184.9	0.13	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
229108.7	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	229798.6	0.13	U			CH <sub>3</sub> CHO	231188.6	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>
229117.3	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	229807.4	0.24	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230309.9	0.22	DCOOCH <sub>3</sub>	231194.8	0.11	CH <sub>3</sub> CHO
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			U	231199.9	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>
229128.6	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229814.9	0.13	U	230317.4	0.77	HCOOCH <sub>3</sub>	231213.7	0.14	CH <sub>3</sub> CHO
		NH <sub>2</sub> CHO	229818.6	0.19	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CHO	231221.1	4.28	<sup>13</sup> CS
229133.6	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN	229822.4	0.14	U			O <sup>13</sup> CS	231231.1	0.87	CH <sub>3</sub> CHO
229141.0	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	229827.4	0.23	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	230339.9	0.14	U			HCOOCH <sub>3</sub>
229152.4	0.21	U	229834.9	0.17	U	230343.7	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	231235.5	0.15	CH <sub>3</sub> CHO
229156.2	0.16	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$	229838.6	0.22	U	230348.7	0.13	U	231239.9	0.62	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
		HCOOCH <sub>3</sub>	229847.3	0.96	U	230364.9	0.34	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
229164.9	0.18	U	229859.9	2.63	SO <sup>18</sup> O	230369.9	1.21	CH <sub>3</sub> OH	231247.4	0.65	CH <sub>3</sub> CHO
229169.9	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
229196.1	0.18	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	229864.9	2.89	CH <sub>3</sub> OH	230377.4	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>	231272.4	0.22	CH <sub>3</sub> CHO
229206.1	1.01	H <sup>13</sup> CCCN			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	230381.1	0.12	U	231282.3	2.11	CH <sub>3</sub> CHO
229224.9	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	229879.9	0.13	U	230387.4	0.11	U	231313.6	5.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
229229.9	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	229883.6	0.17	U	230396.1	0.12	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$	231331.2	0.11	CH <sub>3</sub> CHO
229238.7	0.31	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	229887.3	0.13	U	230398.6	0.16	U			HCOOCH <sub>3</sub>
229243.7	0.16	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	229889.9	0.12	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	230402.4	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	231344.9	0.38	OCS $\nu_2 = 1$
229248.6	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229893.7	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	230419.9	0.26	U	231348.7	0.44	CH <sub>2</sub> CHCN
229268.7	4.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	229896.1	0.14	U	230427.4	0.15	U	231364.9	0.15	U
229247.3	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	229902.4	0.11	U	230434.9	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	231366.1	0.11	CH <sub>3</sub> CHO
229252.4	0.23	CH <sub>3</sub> CHO	229907.4	0.12	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	230442.4	0.24	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	231372.4	0.12	CH <sub>3</sub> CHO
229257.4	0.35	CH <sub>3</sub> CHO	229910.0	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
229268.6	4.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>35</sup> SO <sub>2</sub>	230449.8	0.22	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	231374.9	0.17	U
229289.9	0.12	U	229916.1	0.10	U	230456.1	0.30	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	231388.6	0.07	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> OH
229292.4	0.13	U	229919.9	0.11	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	230459.9	0.30	HDCO	231402.3	0.06	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
229296.2	0.26	U	229924.9	0.12	U	230468.7	0.28	U			HCOOCH <sub>3</sub>
229303.6	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	229933.6	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230537.4	75.5	CO	231411.2	0.12	D <sub>2</sub> CO
229312.4	0.19	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	229941.1	0.44	CH <sub>3</sub> OH	230541.2	74.1	CO	231441.1	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	229948.6	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	230608.6	0.35	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
229322.4	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	229953.6	0.14	U	230619.9	0.19	U	231451.2	0.17	U
229326.1	0.29	U	229956.1	0.13	U	230626.2	0.13	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 2$	231458.6	0.24	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 5$
229349.9	3.10	SO <sub>2</sub>	229962.4	0.17	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	230629.9	0.11	U			

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
231669.9	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	232492.6	0.27	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	233356.4	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233988.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	232535.2	0.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234012.5	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>
231679.9	0.11	U	232542.7	0.17	U	233367.6	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
231687.4	0.15	U	232570.1	0.24	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	233387.6	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234090.5	0.13	U
231724.9	0.33	U	232575.1	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	234113.5	0.35	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$
231737.4	0.17	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	232580.2	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	233396.4	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH	232591.4	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234118.6	0.10	U
231744.9	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	232598.9	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	234120.5	0.10	U
231749.9	0.18	CH <sub>3</sub> CHO	232616.4	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	233415.1	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	234125.5	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>
231759.9	0.13	CH <sub>2</sub> CHCN	232626.3	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>	233446.4	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234135.5	0.47	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
231763.6	0.07	U	232638.3	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	233456.4	0.20	CH <sub>3</sub> CCD	234140.5	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
231768.6	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	233462.6	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234162.5	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
231777.4	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	232646.4	0.34	U	233470.1	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			U
231794.9	1.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	232673.9	0.02	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	233488.9	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	234166.6	0.20	U
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	232681.4	0.13	U			NH <sub>2</sub> CHO	234185.5	1.95	SO <sub>2</sub>
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	232685.1	0.47	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	233501.4	0.84	NH <sub>2</sub> CHO	234189.5	2.33	SO <sub>2</sub>
231802.4	0.77	CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH			U			SO <sup>18</sup> O	234208.5	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	232740.1	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234215.5	0.06	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
231809.9	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	232754.5	0.20	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	233506.4	0.86	HCOOCH <sub>3</sub>	234223.5	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN
231818.6	0.70	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			NH <sub>2</sub> CHO	234227.5	0.08	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	232774.8	0.16	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	234231.5	0.06	U
231827.4	0.45	CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH	232785.5	4.57	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234234.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	232793.1	5.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233518.9	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234246.4	0.11	U
231834.3	0.33	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	232824.5	0.26	DCOOCH <sub>3</sub>	233525.8	0.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	234265.2	0.13	U
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234270.1	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
231841.1	0.63	U	232837.5	0.61	U			HCOOCH <sub>3</sub>	234275.0	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>
231847.4	0.31	CH <sub>3</sub> CHO	232841.5	0.58	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	233546.4	0.31	NH <sub>2</sub> CHO	234283.9	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
231857.4	5.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	232855.5	0.09	CH <sub>3</sub> OH	233553.9	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
231874.9	1.17	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	232866.6	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	234290.1	0.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	232874.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			U	234293.9	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>
231892.4	0.19	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	232895.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233558.9	0.16	U	234305.1	0.17	U
231897.3	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	232927.5	0.10	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	233565.0	0.12	U	234307.7	0.16	U
231904.9	0.41	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	232929.5	0.13	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	233571.4	0.19	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	234317.6	0.84	U
		H <sup>+</sup> 3 $\sigma_u$	232938.5	0.23	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	233576.4	0.13	U	234330.1	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	232946.5	8.39	CH <sub>3</sub> OH	233580.1	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	234337.6	0.58	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	233583.9	0.13	U	234357.7	0.31	U
231913.5	0.17	U	232965.5	5.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233598.3	0.45	SO <sup>18</sup> O	234364.5	0.84	U
231919.8	0.45	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234382.6	0.55	U
231926.1	0.43	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	232970.5	6.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			NH <sub>2</sub> CHO	234426.3	6.75	SO <sub>2</sub> / CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	232978.5	5.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	234442.6	0.57	U
231939.9	0.81	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	234457.6	0.11	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	233001.5	6.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	234472.6	0.21	CH <sub>3</sub> CHO
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	233017.5	1.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	233607.7	0.13	CH <sub>3</sub> CCD	234481.4	0.11	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	233033.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	233611.3	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	234487.6	1.23	HCOOCH <sub>3</sub>
231948.6	0.76	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	233037.5	0.19	U	233618.9	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	234492.6	0.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
231956.1	1.95	CH <sub>2</sub> CHCN	233043.5	2.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234503.8	1.73	HCOOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	233060.5	1.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	233627.7	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	234510.1	1.24	HCOOCH <sub>3</sub>
231968.7	0.76	HCOOCH <sub>3</sub>	233072.5	5.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>3</sub> CHO	233083.4	2.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234525.1	0.31	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
231988.6	5.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	233632.7	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			SHD
231993.6	5.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233091.6	2.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233642.6	0.11	U	234530.2	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>
232043.6	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233103.5	0.12	U	233656.4	1.11	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	233107.0	0.73	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234537.7	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
232078.6	1.05	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	233116.5	0.33	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	233672.6	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	234546.4	0.27	U
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	233122.6	0.73	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	234551.3	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>
232103.0	0.06	H <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	233147.5	2.36	HCOOCH <sub>3</sub>	233691.3	0.17	U			H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS
232107.4	0.06	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233697.7	0.20	U	234561.4	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
232111.1	0.36	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233702.6	0.30	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$
		NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	233157.4	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233713.9	0.38	U	234581.4	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	233721.4	0.13	U	234588.9	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>
232127.3	0.60	SO <sup>17</sup> O	233160.5	0.88	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	233728.8	0.25	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	234596.4	0.35	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233732.6	0.23	U	234633.8	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
232134.9	0.73	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233167.5	0.61	HCOOCH <sub>3</sub>	233737.6	0.43	NH <sub>2</sub> CHO	234667.6	0.22	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	233182.5	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233747.6	0.19	NH <sub>2</sub> CHO	234672.7	0.17	U
232162.4	1.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>	233754.5	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>	234685.1	5.68	CH <sub>3</sub> OH
232164.9	2.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	233190.5	0.56	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234700.1	2.98	CH <sub>3</sub> OH
232183.6	0.29	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	233762.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN <sup>15</sup> N	234716.3	0.19	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
232196.1	2.02	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	233194.5	0.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	233765.5	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	234727.6	0.36	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
232207.4	0.22	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	233209.5	7.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	233767.5	0.10	U			HCOOCH <sub>3</sub>
232218.6	1.52	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>	233772.5	0.15	U	234738.9	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>
232232.4	1.84	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	233227.5	3.53	HCOOCH <sub>3</sub>	233778.5	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>	234759.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>
232236.1	2.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	233797.5	0.60	CH <sub>3</sub> OH			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
232243.9	0.11	U	233247.6	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	233803.5	0.12	U	234763.8	0.12	U
232250.1	0.11	U	233251.5	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	233811.5	0.13	U	234765.5	0.14	U
232256.2	0.19	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	233819.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	234767.5	0.11	U
232266.4	2.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \$									

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
234925.4	0.30	U	235674.9	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	236613.3	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	237310.2	0.79	HCOOCH <sub>3</sub>
234933.5	0.65	U	235687.7	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	236616.3	0.18	U	237316.4	0.81	HCOOCH <sub>3</sub>
234936.5	0.62	PN	235706.4	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	236626.4	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
234947.5	0.23	U	235716.4	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	236631.4	0.24	U	237346.4	0.89	HCOOCH <sub>3</sub>
234952.5	0.12	U	235722.6	0.16	U	236635.1	0.24	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	237351.3	0.93	HCOOCH <sub>3</sub>
234959.6	0.15	U	235732.6	0.32	U	236637.6	0.21	U	237363.9	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
234964.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	235787.5	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	236642.7	0.70	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	237378.8	0.15	U
234967.5	0.21	U	235791.5	0.33	U	236652.7	1.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	237393.9	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>
234980.5	0.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	235802.5	0.14	U			CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	237400.1	2.33	CH <sub>2</sub> CHCN
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	235804.5	0.14	U	236665.2	0.35	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$			HCOOCH <sub>3</sub>
234985.5	0.16	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	235845.5	0.88	HCOOCH <sub>3</sub>	236672.0	0.33	U	237408.9	4.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
234992.6	0.37	SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$	235854.5	0.13	U	236690.1	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	237415.1	3.02	CH <sub>2</sub> CHCN
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	235867.5	2.66	HCOOCH <sub>3</sub>	236705.1	0.44	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	237435.2	1.90	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	235871.5	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> OH
235000.5	0.24	U	235882.4	0.86	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236717.6	0.46	HCOOH	237458.9	1.16	CH <sub>2</sub> CHCN
235006.5	0.40	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	235888.5	0.81	HCOOCH <sub>3</sub>	236727.7	3.89	H <sub>2</sub> CS	237473.9	1.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
235012.5	0.31	U	235900.4	0.12	U	236745.1	1.37	HCOOCH <sub>3</sub>			HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$
235018.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	235905.5	0.44	U	236760.5	1.55	HCOOCH <sub>3</sub>	237478.9	1.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
235031.0	1.25	HCOOCH <sub>3</sub>	235920.4	0.95	U	236771.5	0.17	U	237487.6	2.20	CH <sub>2</sub> CHCN
235041.6	0.20	U	235933.5	1.91	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	236774.5	0.19	U	237512.3	1.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
235047.5	1.53	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	236778.5	0.23	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	237516.4	1.38	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
235052.5	2.30	HCOOCH <sub>3</sub>	235939.5	1.84	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236780.5	0.20	U			CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	235945.6	2.54	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	236784.5	0.15	U			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
235074.5	0.47	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	235961.5	4.88	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236787.5	0.24	CH <sub>3</sub> CHO	237523.9	1.06	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	235971.5	0.82	HCOOCH <sub>3</sub>	236792.5	0.16	U	237547.6	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
235079.5	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236801.5	2.12	HCOOCH <sub>3</sub>	237588.9	0.78	CH <sub>2</sub> CHCN
235085.6	0.62	U	235979.5	0.40	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236811.5	3.43	HCOOCH <sub>3</sub>	237593.9	1.61	CH <sub>2</sub> CHCN
235093.4	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	235983.5	0.29	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	237621.5	1.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
235098.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	236825.4	0.12	U	237641.3	1.47	CH <sub>2</sub> CHCN
		U	235989.5	0.13	U	236830.5	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
235106.4	0.76	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	235991.5	0.17	U	236832.4	0.22	U	237650.1	0.60	U
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	235998.4	1.00	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236835.5	0.13	U	237658.9	0.12	U
235115.6	0.22	U			CH <sub>3</sub> CHO	236839.5	0.23	U	237667.7	0.28	U
235117.5	0.21	U	236009.5	0.75	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236844.5	0.18	NH <sub>2</sub> CHO	237671.4	0.52	CH <sub>2</sub> CHCN
235144.5	8.85	SO <sub>2</sub>	236013.5	0.20	U	236850.4	0.36	SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$	237685.2	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
235153.5	15.4	SO <sub>2</sub>	236017.5	0.42	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236854.6	0.54	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
235180.5	0.18	U	236020.5	0.16	U	236862.5	0.20	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	237706.3	0.18	SO <sup>18</sup> O
235187.5	0.12	U	236029.5	0.17	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	237715.2	1.77	CH <sub>2</sub> CHCN
235191.5	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	236039.5	0.40	U	236868.4	0.17	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
235201.5	0.59	U	236042.5	0.86	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236870.6	0.17	U	237741.4	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
235216.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	236046.5	0.28	U	236874.5	0.19	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	237752.5	1.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
235218.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$	236050.5	0.91	CH <sub>3</sub> CHO	236877.4	0.16	U	237757.4	0.27	HCOOH
235227.5	0.13	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236883.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	237765.2	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN
235255.5	0.11	U	236055.5	0.26	U	236886.5	0.24	U	237787.5	0.97	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
235257.5	0.13	U	236063.5	1.33	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	236892.5	0.16	HC <sub>3</sub> N			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
235268.5	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	236090.5	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	236896.6	0.20	U	237808.5	0.91	HCOOCH <sub>3</sub>
235303.9	0.15	U	236093.6	0.46	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236902.5	0.64	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	237816.5	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$
235311.4	0.07	<sup>17</sup> OCS			U	236912.5	0.10	U	237830.5	0.71	HCOOCH <sub>3</sub>
235316.4	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	236101.5	0.28	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^-$	236917.5	0.14	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 2$	237843.5	0.12	U
235335.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			D <sub>2</sub> CO	236928.5	0.88	U	237854.6	5.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
235340.2	0.20	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236109.5	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	236937.5	3.78	CH <sub>3</sub> OH	237869.5	0.22	CH <sub>2</sub> CHCN
235347.7	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	236119.6	0.38	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236950.5	0.86	CCCS	237888.5	0.40	U
235353.9	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			U	236955.5	0.18	U	237893.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
235357.6	0.10	U	236131.5	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	236957.5	0.18	U	237898.5	1.73	NH <sub>2</sub> CHO
235361.4	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236147.4	0.53	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	236961.5	0.17	U	237971.5	0.62	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
235365.2	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236162.4	0.79	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	236963.5	0.17	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 2$	237978.5	0.23	U
235378.9	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	236966.5	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	237984.5	0.88	CH <sub>2</sub> CHCN
		HCOOCH <sub>3</sub>	236168.6	1.02	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	236968.5	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	236181.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	236977.4	1.08	U	237990.5	0.18	U
235386.4	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$			H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	236991.6	0.18	U	237993.5	0.15	HCOOH
235388.9	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236185.5	0.24	HC <sub>3</sub> N $\nu_4 = 1$	236993.5	0.18	U	237995.5	0.23	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
235395.1	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236208.0	7.25	SO <sub>2</sub>	236999.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	237998.5	0.28	U
235413.8	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	236219.0	12.6	SO <sub>2</sub>	237001.4	0.15	U	238000.4	0.25	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	237004.5	0.12	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 2$	238002.5	0.24	U
235421.4	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236252.5	0.12	U	237006.5	0.13	U	238006.5	0.32	U
235425.2	0.12	U	236261.4	0.10	U	237009.5	0.14	U	238013.5	0.67	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
235428.8	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236280.1	0.25	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	237013.5	0.10	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7 = 2$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
235437.6	0.20	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236286.4	0.62	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	237021.5	0.14	SO <sup>18</sup> O	238016.5	0.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
235446.4	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236290.1	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	237026.5	0.17	SO <sup>18</sup> O	238018.4	0.65	H <sup>13</sup> CCCN
235452.7	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	236300.1	0.29	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	237030.5	0.18	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	237032.5	0.19	U	238030.5	0.12	U
235458.9	0.23	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	237061.0	8.51	SO <sub>2</sub>	238033.5	0.13	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
235465.2	0.12	U	236310.1	0.70	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	237071.5	14.1	SO <sub>2</sub>	238056.5	0.45	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$
235470.1	0.11	U	236320.7	0.25	U	237096.5	3.24	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	238067.5	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>
235475.1	0.12	U	236331.4	0.18	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	237112.5	0.24	U	238076.5	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
235484.0	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236336.4	0.15	U	237117.5	0.13	U	238084.5	0.54	<sup>34</sup> S <sup>18</sup> O
		U	236342.6	0.28	U	237123.5	0.11	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
235486.2	0.27	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	236356.3	1.53	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	237130.6	1.28	CH <sub>3</sub> OH	238086.5	0.21	U
235492.6	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>	237152.5	0.10	U	238094.4	0.15	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
235495.1	0.12										

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm														
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
238271.4	0.22	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	238989.5	1.79	U	239007.5	0.11	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	240702.4	0.41	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 3$			
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	238995.5	3.53	SO <sub>2</sub>	239921.5	0.13	U	240721.1	1.69	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			
238276.3	0.11	U	239002.5	2.61	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	239927.5	0.65	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			
238281.4	0.14	H <sub>2</sub> C <sup>33</sup> S	239024.5	9.72	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	239936.5	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>	240729.3	0.88	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
238290.1	0.12	U			CH <sub>3</sub> CN	239940.5	0.35	U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			
238295.1	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	239047.3	0.14	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	239953.5	1.47	NH <sub>2</sub> CHO			U			
238300.2	0.45	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	239065.5	11.3	CH <sub>3</sub> CN	239961.5	0.39	PO	240739.9	1.67	CH <sub>3</sub> OH			
238306.4	0.15	NH <sub>2</sub> CHO	239097.5	16.1	CH <sub>3</sub> CN	239971.5	0.28	U	240747.3	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			
238314.8	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	239111.5	3.44	U	239978.5	1.47	U	240753.6	0.36	U			
238317.7	0.21	U	239120.5	15.2	CH <sub>3</sub> CN	239986.5	0.71	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	240759.8	0.62	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
238322.6	0.20	U	239134.5	18.2	CH <sub>3</sub> CN	239992.5	1.07	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 2$			
238326.4	0.18	U	239138.5	20.3	CH <sub>3</sub> CN	239998.5	0.63	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	240767.4	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
238328.8	0.16	U	239173.0	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	240022.5	2.84	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238332.6	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			H <sup>+</sup> 37 $\beta$			HCDCN			
238340.1	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	239179.5	0.37	CH <sub>3</sub> CCH	240035.5	2.79	HCOOCH <sub>3</sub>	240776.1	0.47	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
238353.9	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	239185.5	0.20	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240045.5	0.24	U			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>			
238357.7	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	239188.5	0.26	DCOOCH <sub>3</sub>	240051.5	0.26	U	240803.6	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238362.6	0.33	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			U	240057.4	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	240809.8	0.27	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238370.1	0.71	U	239194.5	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	240074.5	0.14	U	240819.9	0.43	U			
238380.1	0.18	U	239196.5	0.33	U	240077.5	0.12	U	240826.1	0.15	U			
238385.1	0.12	U	239201.5	0.54	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	240079.5	0.18	U	240839.9	0.35	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
238387.6	0.22	U	239203.5	0.49	U	240091.5	2.94	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			
238392.8	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	239211.5	1.46	CH <sub>3</sub> CCH	240104.6	0.16	U	240846.2	0.37	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238399.9	0.33	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	239218.5	0.49	U	240106.5	0.18	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
238403.9	0.41	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	239225.5	0.25	CH <sub>3</sub> CHO	240109.5	0.22	U	240863.7	1.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			
238420.1	0.11	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	239227.5	0.20	U	240111.5	0.23	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	240871.2	1.39	U			
238442.7	0.33	U	239234.5	1.19	CH <sub>3</sub> CCH	240118.5	0.16	U	240877.5	4.08	HNCO			
238447.6	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	239242.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	240120.5	0.16	U	240892.4	0.32	U			
238455.1	0.24	U	239247.7	1.31	CH <sub>3</sub> CCH	240123.5	0.16	U	240898.6	0.33	U			
238466.5	0.28	HCCO <sup>15</sup> N	239252.6	1.54	CH <sub>3</sub> CCH	240126.5	0.15	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	239257.7	0.50	U	240133.5	0.72	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	240903.6	0.42	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238472.6	0.16	U	239276.5	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	240135.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	240918.6	1.46	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 2$			
238482.6	0.11	CH <sub>3</sub> CN	239280.1	0.13	HC <sub>3</sub> N 3 $\nu_7$ + $\nu_6$	240141.4	0.36	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	240940.0	10.3	SO <sub>2</sub>			
238486.4	0.20	U			HCOOCH <sub>3</sub>			PO			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 2$			
238501.3	0.23	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	239285.2	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	240143.5	0.37	U	240946.1	11.5	SO <sub>2</sub>			
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	239292.7	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 6$	240145.5	0.37	U	240961.1	5.90	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238516.4	0.24	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	239323.9	0.38	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	240149.5	0.40	U			CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 2$			
238535.1	0.14	NH <sub>2</sub> CHO	239327.7	0.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	240157.4	0.73	PO	240974.9	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>			
		HCOOCH <sub>3</sub>	239331.4	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			OC <sup>33</sup> S	240979.9	0.67	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
238551.3	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	239340.2	0.45	SO <sup>18</sup> O	240163.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	240986.1	1.91	HCOOCH <sub>3</sub>			
		U	239346.4	0.69	U	240166.6	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
238563.8	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	239368.8	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>	240176.5	0.45	U	240991.3	1.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
238570.1	0.27	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	239390.1	0.11	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240186.5	1.32	H <sub>2</sub> CCO	241000.1	1.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
		HCOOCH <sub>3</sub>	239398.9	0.44	CH <sub>3</sub> OH	240202.0	0.43	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	241007.6	1.44	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
238578.9	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	239417.7	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	241017.6	8.95	C <sup>34</sup> S			
238585.1	0.25	CH <sub>3</sub> CN	239435.2	0.12	U	240211.5	0.15	U	241037.7	0.64	HCOOCH <sub>3</sub>			
238588.9	0.15	H <sup>18</sup> CCCN $\nu_6 = 1^+$	239437.6	0.12	U	240215.5	0.27	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			
238595.2	0.11	U	239440.2	0.12	U	240219.5	0.23	U	241043.9	1.05	CH <sub>3</sub> OH			
238597.7	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	239473.9	0.35	U	240225.6	0.32	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	241052.5	0.12	U			
238613.9	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	239478.9	0.54	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240231.6	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	241058.8	0.45	CH <sub>3</sub> OH			
		HDCO			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	240242.5	7.04	CH <sub>3</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>			
		HCOOCH <sub>3</sub>	239495.1	0.24	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240267.4	3.84	H <sub>2</sub> CS	241063.9	0.68	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
238633.9	0.42	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			SO <sup>17</sup> O	240282.3	0.43	HCOOCH <sub>3</sub>	241074.9	0.20	U			
238636.4	0.42	U	239502.6	0.18	<sup>33</sup> S <sup>18</sup> O			SO <sup>18</sup> O	241077.6	0.30	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238645.2	0.40	U	239505.1	0.13	U	240304.9	0.36	U	241083.6	0.15	U			
238653.9	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	239528.9	0.12	U	240322.4	3.96	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	241087.6	0.11	U			
238664.0	0.70	U	239532.6	0.12	H <sup>18</sup> CCCN $\nu_7 = 2$	240332.4	1.57	H <sub>2</sub> CS	241093.8	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			
238666.4	0.75	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	239542.6	0.24	HCOOCH <sub>3</sub>	240339.9	0.26	U	241098.9	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			
238681.4	0.93	H <sup>+</sup> 46 $\beta$	239552.6	0.35	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	240347.4	0.15	U			U			
		CH <sub>3</sub> CN	239556.4	0.23	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240363.7	0.28	U	241103.9	0.23	U			
		<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	239562.7	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	240367.4	0.29	U	241118.6	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			
238691.4	0.46	U			<sup>18</sup> OCS	240371.2	0.30	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	241124.9	0.10	U			
238698.9	0.37	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	239573.9	0.37	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			U	241128.6	0.13	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			
238702.7	0.59	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	239576.4	0.40	U	240374.8	0.28	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	241133.9	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			
238718.9	0.23	HC <sub>3</sub> N 3 $\nu_7$ + $\nu_4$	239595.1	0.11	U	240383.5	2.53	H <sub>2</sub> CS	241137.6	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			
238730.1	1.93	CH <sub>2</sub> CHCN	239611.4	0.78	HCOOCH <sub>3</sub>	240394.8	4.29	H <sub>2</sub> CS			U			
		CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	239628.9	2.55	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240401.1	0.88	HCOOCH <sub>3</sub>	241147.6	0.63	HCOOH			
238746.7	0.04	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	241160.2	2.71	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238755.5	0.13	U	239641.4	0.35	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	240422.4	1.00	U	241167.7	3.01	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238759.6	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	239652.6	0.28	U	240432.4	4.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	241181.4	5.48	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238767.6	2.11	CH <sub>3</sub> CN	239656.2	0.24	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	240444.8	1.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	241188.8	5.33	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238781.5	0.63	U			DCOOCH <sub>3</sub>	240456.1	1.15	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 2$	241198.8	7.94	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
238799.0	1.45	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	239663.8	0.26	U	240462.4	0.43	U	241206.4	8.66	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			
		CH <sub>2</sub> CHCN	239668.9	0.20	U	240475.5	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub></sub>						

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
241468.9	0.42	U	242460.2	0.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243174.0	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	243849.5	1.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
241477.6	0.33	U	242474.0	4.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243859.4	0.27	U
241482.6	0.29	U	242492.5	2.71	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	243182.7	1.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243874.5	0.30	U
241501.4	1.83	SO <sup>18</sup> O / CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH	243193.9	0.35	U	243880.5	0.20	U
241512.5	2.71	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243218.9	12.7	OCS	243884.5	0.11	U
241524.5	2.00	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	242507.5	0.47	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243241.4	0.37	U	243887.5	0.23	U
241529.6	3.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	242514.5	1.86	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243248.9	1.01	SO <sub>2</sub>	243889.5	0.20	<sup>34</sup> SHD
241539.0	0.33	U	242525.4	0.65	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243265.2	0.11	U	243894.5	0.19	U
241546.5	0.13	U	242534.5	2.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243272.7	0.30	U	243896.6	0.20	U
241563.5	8.23	HDO			CH <sub>2</sub> DCN	243287.7	0.48	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	243899.5	0.26	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
241590.5	3.33	CH <sub>3</sub> OH			H <sub>2</sub> CCO	243298.9	0.39	DNCO	243916.5	12.6	CH <sub>3</sub> OH
241608.0	12.9	SO <sub>2</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>	243938.5	1.38	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
241620.5	20.3	SO <sub>2</sub>	242550.5	4.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243953.6	0.32	U
241648.5	0.14	U	242566.5	0.32	U	243326.4	0.28	U	243960.6	0.29	U
241650.4	0.13	U	242575.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243351.3	0.28	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243963.6	0.37	CH <sub>3</sub> CHO
241652.5	0.13	U			DCOOCH <sub>3</sub>	243356.4	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	243965.5	0.41	SO <sup>18</sup> O
241667.5	0.10	U			CH <sub>2</sub> DCCH	243363.9	0.42	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	243968.5	0.48	CH <sub>3</sub> CHO
241677.5	0.20	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	242590.5	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243372.6	0.18	U	243973.5	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>
241683.5	0.21	H <sup>18</sup> OD	242597.5	0.42	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243377.6	0.17	U	243980.5	0.37	U
241701.4	15.6	CH <sub>3</sub> OH			U	243382.6	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 + \nu_7$	243985.5	0.26	U
241725.5	0.45	U	242602.5	0.29	U	243388.9	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	243992.7	0.26	U
241731.4	0.23	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	242611.5	1.06	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	243398.9	2.36	CH <sub>3</sub> OH	244001.3	0.32	U
241740.5	2.04	CH <sub>2</sub> CHCN	242624.5	1.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243413.8	2.41	CH <sub>3</sub> OH	244011.4	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
241768.4	17.3	CH <sub>3</sub> OH	242626.4	1.26	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243423.9	0.14	U			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
241775.5	10.9	HNCO			CH <sub>2</sub> DCN	243447.6	0.20	U	244013.5	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
241792.5	16.5	CH <sub>3</sub> OH	242641.6	5.31	HNCO	243453.9	1.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	244017.6	0.20	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242656.5	0.98	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	243468.9	0.10	U	244025.1	0.16	U
241807.5	12.3	CH <sub>3</sub> OH	242667.5	5.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243485.2	0.13	U	244031.4	0.24	U
241814.4	9.84	CH <sub>3</sub> OH	242686.5	0.47	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243487.7	0.12	U	244036.4	0.33	U
241833.5	18.4	CH <sub>3</sub> OH	242693.4	0.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243491.4	0.19	U	244048.9	4.49	H <sub>2</sub> CS
241843.5	18.0	CH <sub>3</sub> OH			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243496.3	0.25	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
241853.5	12.5	CH <sub>3</sub> OH			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243501.5	0.16	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
241867.5	0.40	HCOOCH <sub>3</sub>	242697.6	0.27	U	243505.1	0.14	U	244067.6	0.77	U
241879.5	15.9	CH <sub>3</sub> OH	242703.5	0.11	U	243514.5	0.54	OCS $\nu_2 = 1$	244075.1	0.32	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
241888.4	14.6	CH <sub>3</sub> OH	242708.5	0.15	U	243523.5	1.27	NH <sub>2</sub> CHO			U
241905.5	18.2	CH <sub>3</sub> OH	242711.5	0.17	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	244088.8	0.30	U
241916.5	2.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>2</sub> DCN	243531.5	0.25	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	244107.7	0.15	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242721.5	0.11	U	243534.5	0.26	U	244113.9	0.40	U
241925.5	5.52	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	242725.4	0.15	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	243537.5	0.14	SO <sup>17</sup> O	244121.3	0.43	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242733.5	0.47	CCCS	243541.5	0.33	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	244130.1	0.12	U
241935.6	7.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			U	244145.1	1.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
241947.5	8.46	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	243554.5	0.33	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> DCN
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	242739.5	0.45	CH <sub>2</sub> DCCH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	244158.9	0.13	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242744.6	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243557.5	0.34	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	244163.9	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
241962.5	4.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242756.5	0.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	244168.9	0.19	U
241973.5	6.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$	243563.5	0.18	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	244171.4	0.18	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242766.5	0.32	U	243565.5	0.20	HCOOCH <sub>3</sub>	244178.9	0.10	<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>
242000.2	3.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242771.5	0.47	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243577.6	0.24	HCOOH	244188.9	0.10	SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$
242012.4	0.32	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243581.4	0.20	U	244200.1	0.45	U
242021.4	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242778.5	1.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243584.5	0.10	U	244207.6	0.36	U
242037.6	0.64	CH <sub>2</sub> DCN	242788.5	0.52	CH <sub>2</sub> DCN	243588.5	0.14	U	244221.4	0.71	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
242048.9	3.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242790.5	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243593.5	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	244245.2	15.3	SO <sub>2</sub>
242056.3	5.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242797.5	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243597.5	0.13	U	244256.4	24.6	SO <sub>2</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242804.5	0.12	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243600.5	0.16	U	244287.6	0.83	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
242082.6	0.41	U	242811.5	0.15	U	243602.5	0.15	U	244332.6	3.00	CH <sub>3</sub> OH / <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
242105.1	2.60	Si <sup>18</sup> O	242817.5	0.26	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243610.5	0.20	U	244340.1	3.04	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242826.4	0.16	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243617.5	0.11	U	244353.9	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> CHO	242833.5	0.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243620.5	0.16	U	244364.6	0.19	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242848.5	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	243623.5	0.14	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	244368.9	0.16	U
242122.6	1.37	CH <sub>3</sub> CHO	242856.5	0.18	CH <sub>2</sub> DCN	243626.5	0.15	U	244392.0	1.53	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242861.5	0.17	U	243631.5	0.23	U			<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242863.5	0.16	U	243646.5	4.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	244426.3	0.06	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN
242147.6	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242872.5	2.83	HCOOCH <sub>3</sub>	243671.5	0.11	U	244432.6	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
242160.2	0.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	243675.5	0.11	U	244442.6	0.13	U
242163.9	0.49	U			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	243680.5	0.11	U	244446.4	0.34	U
242170.1	1.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242883.5	0.23	U	243682.6	0.14	U	244484.5	4.51	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
242183.9	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	242885.5	0.19	CH <sub>2</sub> DCN	243690.5	0.22	U	244504.5	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242889.5	0.16	U	243695.5	0.20	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	244509.5	0.60	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
242192.0	0.30	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	242897.5	2.28	HCOOCH <sub>3</sub>			C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	244513.5	0.41	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
242212.6	6.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242905.4	0.49	U	243698.5	0.11	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	244520.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242914.6	3.43	C <sup>33</sup> S	243702.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	244529.5	0.84	U
		SO <sup>18</sup> O			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	243706.5	0.12	U	244555.5	0.12	SHD
242233.9	0.25	U			CH <sub>2</sub> DCN	243711.5	0.15	U	244567.6	0.96	HC <sup>13</sup> CCN
242242.6	1.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	242927.5	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243715.5	0.15	U	244581.5	2.61	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	242933.5	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	243721.5	0.15	U	244589.5	1.50	HCC <sup>13</sup> CN
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242936.5	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	243723.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	244595.5	2.74	HCOOCH <sub>3</sub>
242266.3	0.32	U	242966.6	0.17	U	243727.5	0.13	U	244605.5	0.32	U
242272.6	0.23	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	242970.5	0.37	CH <sub>2</sub> DCN	243731.5	0.12	U	244608.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
242287.7	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	242983.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	243734.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	244622.5	0.19	

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm														
Freuencia	$T_A^*$	Especies	Freuencia	$T_A^*$	Especies	Freuencia	$T_A^*$	Especies	Freuencia	$T_A^*$	Especies	Freuencia	$T_A^*$	Especies
obs. (MHz)	obs. (K)		obs. (MHz)	obs. (K)		obs. (MHz)	obs. (K)		obs. (MHz)	obs. (K)		obs. (MHz)	obs. (K)	
244827.5	0.28	CH <sub>3</sub> CHO	245684.5	0.11	U	246531.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	247366.4	0.18	U	247366.4	0.18	U
244832.5	0.45	CH <sub>3</sub> CHO	245686.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	246534.5	0.35	HCOOH	247370.1	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	247370.1	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	245693.5	0.16	U	246552.0	4.63	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	247375.1	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN	247375.1	0.21	CH <sub>2</sub> CHCN
244836.5	0.31	U	245696.5	0.10	U	246563.5	5.58	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	247377.7	0.18	U	247377.7	0.18	U
244842.5	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	245698.5	0.10	U			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	247392.6	0.90	NH <sub>2</sub> CHO	247392.6	0.90	NH <sub>2</sub> CHO
244846.5	1.16	U	245710.5	0.32	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	246578.4	0.33	HCOOCH <sub>3</sub>	247403.8	0.28	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	247403.8	0.28	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
244860.5	1.88	CH <sub>2</sub> CHCN			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	246584.5	0.11	U	247418.9	0.27	HCOOH	247418.9	0.27	HCOOH
244876.5	0.11	U	245712.5	0.30	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	246601.5	2.36	HCOOCH <sub>3</sub>	247422.6	0.57	U	247422.6	0.57	U
244880.5	0.33	U	245718.5	0.21	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	247431.3	0.48	U	247431.3	0.48	U
244887.5	0.19	U	245723.5	0.16	U	246614.5	3.54	HCOOCH <sub>3</sub>	247442.7	1.33	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	247442.7	1.33	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
244889.5	0.19	U	245726.5	0.12	U	246624.5	2.36	HCOOCH <sub>3</sub>	247462.6	0.39	U	247462.6	0.39	U
244891.5	0.17	U	245729.5	0.12	U	246631.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	247470.1	1.88	U	247470.1	1.88	U
244897.5	0.39	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	245733.5	0.19	U	246666.5	10.9	<sup>34</sup> SO	247481.4	0.11	U	247481.4	0.11	U
244903.5	1.05	U	245736.5	0.15	U	246684.5	1.84	HCOOCH <sub>3</sub>	247490.1	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN	247490.1	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN
244935.5	25.3	CS	245738.5	0.14	U	246687.5	1.63	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	247503.5	0.20	U	247503.5	0.20	U
244969.5	0.20	U	245741.5	0.12	U	246689.4	1.58	U	247517.5	2.03	HCOOH	247517.5	2.03	HCOOH
244971.6	0.22	U	245744.5	0.15	U	246699.5	0.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	247524.5	0.76	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	247524.5	0.76	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
244974.5	0.21	U	245753.5	2.17	HCOOCH <sub>3</sub>	246707.5	1.43	U	247528.5	0.57	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247528.5	0.57	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
244978.5	0.26	SO <sup>17</sup> O	245762.5	0.43	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	246721.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247534.5	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	247534.5	0.18	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	245769.5	0.26	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	246732.5	1.18	U	247539.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	247539.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
244981.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	245773.5	1.48	HCOOCH <sub>3</sub>	246754.5	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
244985.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	245785.6	1.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	246767.5	0.34	U	247543.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247543.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
244989.5	0.22	U	245799.5	0.47	U	246769.5	0.27	U	247548.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	247548.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
244991.5	0.20	U	245805.5	0.24	U	246773.5	0.20	U	247556.5	0.47	U	247556.5	0.47	U
244994.5	0.20	HCOOH	245822.6	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	246776.5	0.16	U	247563.5	0.81	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	247563.5	0.81	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
244997.6	0.20	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	246782.5	0.19	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
245005.1	0.43	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	245824.5	0.13	U	246784.5	0.16	U	247575.4	0.12	U	247575.4	0.12	U
245008.4	0.41	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	245826.5	0.14	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	246789.5	0.60	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	247579.5	0.10	U	247579.5	0.10	U
245015.1	0.25	U			CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	246793.5	1.18	U	247581.4	0.17	U	247581.4	0.17	U
245018.9	0.35	U	245834.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	246803.5	1.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	247583.5	0.20	U	247583.5	0.20	U
245027.7	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	245848.5	1.30	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	246812.4	0.19	U	247585.5	0.15	U	247585.5	0.15	U
245043.9	0.15	U	245855.6	0.20	U	246817.5	0.40	CCS	247587.5	0.18	U	247587.5	0.18	U
245046.4	0.14	U	245859.0	0.15	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	247590.5	0.19	U	247590.5	0.19	U
245050.1	0.13	U	245866.5	0.29	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	247592.5	0.24	U	247592.5	0.24	U
245053.8	0.15	U			HCOOCH <sub>3</sub>	246830.5	0.75	H <sup>13</sup> CCCN	247594.4	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	247594.4	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
245058.9	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN	245870.5	0.13	U	246843.5	0.14	U	247598.5	0.61	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247598.5	0.61	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
245063.8	0.13	U	245874.5	0.14	U	246854.5	0.14	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$			<sup>34</sup> SO			<sup>34</sup> SO
245083.9	0.73	U	245877.5	0.15	U	246874.5	7.67	CH <sub>3</sub> OH	247612.5	6.77	CH <sub>3</sub> OH	247612.5	6.77	CH <sub>3</sub> OH
245096.4	0.91	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	245886.5	2.58	HCOOCH <sub>3</sub>	246885.4	0.16	U	247626.5	0.27	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	247626.5	0.27	CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
245108.9	0.23	U	245895.5	0.16	U	246892.5	3.95	HCOOCH <sub>3</sub>	247631.5	0.11	U	247631.5	0.11	U
245116.4	0.43	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	245899.5	0.21	U	246900.0	1.71	CH <sub>2</sub> CHCN	247637.5	1.03	U	247637.5	1.03	U
245126.4	0.84	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	245904.6	1.44	HCOOCH <sub>3</sub>	246915.5	5.24	CH <sub>2</sub> CHCN	247646.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	247646.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
245132.6	0.45	U	245910.5	0.28	U			HCOOCH <sub>3</sub>	247651.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	247651.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
245138.9	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>	245913.4	0.21	S <sup>17</sup> O	246925.5	3.53	CH <sub>2</sub> CHCN / HDCCO			HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
245143.9	0.70	CH <sub>3</sub> OD	245919.5	0.29	U	246940.5	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247657.5	2.84	HCOOCH <sub>3</sub>	247657.5	2.84	HCOOCH <sub>3</sub>
245152.6	0.14	HC <sup>13</sup> CCN $\nu_6 = 1^+$	245928.5	0.10	U	246946.5	0.65	HCOOCH <sub>3</sub>	247666.5	3.18	HCOOCH <sub>3</sub>	247666.5	3.18	HCOOCH <sub>3</sub>
245158.9	0.28	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	245955.5	0.27	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	246964.5	0.23	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	247672.5	0.43	HCOOH	247672.5	0.43	HCOOH
245167.6	0.97	HCOOCH <sub>3</sub>	245960.5	0.35	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	246974.5	0.31	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	247683.5	2.42	HCOOCH <sub>3</sub>	247683.5	2.42	HCOOCH <sub>3</sub>
245181.4	1.96	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	247690.5	0.20	U	247690.5	0.20	U
245193.9	0.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	245970.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	246978.5	0.12	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	247698.5	2.63	HCOOCH <sub>3</sub>	247698.5	2.63	HCOOCH <sub>3</sub>
245203.9	0.12	U	245975.5	0.40	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	246986.5	1.13	U			SO <sup>18</sup> O			SO <sup>18</sup> O
245207.7	0.14	U	245980.5	0.22	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	247006.4	0.88	CH <sub>2</sub> CHCN	247705.5	2.78	HCOOCH <sub>3</sub>	247705.5	2.78	HCOOCH <sub>3</sub>
245225.1	4.98	CH <sub>3</sub> OH	245985.5	0.14	U	247012.6	0.75	CH <sub>2</sub> CHCN	247708.5	2.57	HCOOCH <sub>3</sub>	247708.5	2.57	HCOOCH <sub>3</sub>
245238.9	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	245997.7	1.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	247026.4	0.15	U	247718.5	0.14	U	247718.5	0.14	U
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	247031.4	0.10	U	247720.5	0.18	U	247720.5	0.18	U
245246.4	0.23	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	246011.4	0.90	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	247041.4	2.24	HCOOCH <sub>3</sub>	247723.5	0.16	U	247723.5	0.16	U
		CCS	246020.1	0.18	U	247045.1	3.41	HCOOCH <sub>3</sub>	247730.4	0.12	U	247730.4	0.12	U
245256.4	0.30	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	246028.9	0.75	HCOOCH <sub>3</sub>	247055.1	3.02	HCOOCH <sub>3</sub>	247732.4	0.12	U	247732.4	0.12	U
245262.6	0.80	U	246035.1	0.21	U	247058.9	3.60	HCOOCH <sub>3</sub>	247736.5	0.10	U	247736.5	0.10	U
245275.1	0.22	U	246040.1	0.82	HCOOCH <sub>3</sub>	247065.1	2.09	HCOOCH <sub>3</sub>	247738.5	0.11	U	247738.5	0.11	U
245280.1	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	246056.3	1.51	HCOOCH <sub>3</sub>	247090.1	0.94	CH <sub>2</sub> CHCN	247740.5	0.17	U	247740.5	0.17	U
245292.6	0.91	U	246061.4	2.17	HCOOCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	247744.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	247744.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
245297.7	1.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	246076.4	5.95	CH <sub>3</sub> OH	247106.4	0.11	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$	247747.5	0.25	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	247747.5	0.25	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
245305.1	2.06	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	247111.4	0.20	U	247750.5	0.26	U	247750.5	0.26	U
245342.6	6.56	SO <sub>2</sub>	246092.6	0.11	U	247117.6	0.70	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	247753.5	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN	247753.5	0.29	CH <sub>2</sub> CHCN
245360.1	0.72	U	246101.3	0.32	DNCO	247125.1	0.94	HCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
245371.4	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	246107.7	1.39	HCOOH	247128.9	0.67	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>			HDCCS			

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
247951.4	1.01	HCOOCH <sub>3</sub>	248732.5	0.20	U	249567.5	0.30	U	250231.4	0.17	SO <sup>18</sup> O
247956.5	1.26	HCOOCH <sub>3</sub>	248736.5	0.25	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	249569.5	0.30	U	250236.3	0.15	U
247960.5	0.22	U	248745.5	3.43	HCOOCH <sub>3</sub>	249579.5	4.83	HCOOCH <sub>3</sub>	250247.7	2.22	HCOOCH <sub>3</sub>
247963.5	0.22	U	248751.4	8.45	HCOOCH <sub>3</sub>	249592.5	4.72	HCOOCH <sub>3</sub>	250260.1	2.12	HCOOCH <sub>3</sub>
247969.5	2.12	CH <sub>3</sub> OH	248762.5	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$	249603.5	0.80	HCOOCH <sub>3</sub>	250265.0	0.67	U
247979.5	0.12	U	248766.5	0.30	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	250272.6	0.15	U
247981.5	0.12	U	248768.5	0.32	U	249609.4	0.27	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250276.3	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
247983.5	0.18	U	248772.5	0.75	SO <sup>18</sup> O	249624.5	0.89	c-C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	250292.6	9.69	CH <sub>3</sub> OH
247990.5	0.12	U	248785.5	5.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250322.7	1.10	SO <sup>18</sup> O
247995.1	0.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	248787.5	6.18	HCOOCH <sub>3</sub>	249637.5	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
248002.6	0.33	CH <sub>3</sub> OH $\nu_l = 1$	248801.5	0.24	U	249640.5	0.50	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
248011.4	0.36	HDCS	248804.5	0.50	U	249646.5	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
248016.4	0.37	HDCS	248807.5	0.41	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250351.4	1.19	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
248017.5	0.11	U	248833.5	8.35	SO <sub>2</sub>	249652.5	0.99	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	250362.0	2.57	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
248019.5	0.16	U	248856.5	1.04	CH <sub>3</sub> OH $\nu_l = 1$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248021.5	0.23	U	248860.5	0.52	U	249660.5	0.65	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	250390.1	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248024.5	0.22	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	248872.5	5.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250396.4	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249668.5	0.41	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>			HNC <sup>18</sup> O
248027.5	0.22	U	248886.5	10.3	CH <sub>3</sub> OH			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250401.4	0.26	CH <sub>3</sub> CHO
248047.6	11.9	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	248914.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	249675.4	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250412.6	0.67	HCOOCH <sub>3</sub>
248060.1	18.2	SO <sub>2</sub>	248922.5	0.16	U	249678.5	0.20	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248088.9	0.20	U	248928.5	0.27	U	249680.5	0.19	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	250417.6	0.57	U
248095.1	0.33	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	248930.5	0.19	U	249682.4	0.25	U	250442.7	5.97	HCOOCH <sub>3</sub>
248098.9	0.20	U	248933.5	0.21	U	249685.5	0.35	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248110.1	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	248936.5	0.24	U	249689.5	0.57	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	250467.6	0.31	CH <sub>3</sub> CHO
		Si <sup>17</sup> O	248939.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	249695.5	0.52	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250475.1	0.42	NO
248118.9	0.29	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + 2\nu_6$	248947.5	0.40	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	249698.5	0.39	U	250482.6	0.58	CH <sub>3</sub> CHO
248128.9	0.35	SO <sup>18</sup> O	248954.5	0.25	HCOOCH <sub>3</sub>	249701.5	0.25	U			SO <sup>18</sup> O
248135.1	0.23	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_5$	248964.5	0.04	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	249704.5	0.38	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			NO
248155.1	0.31	U	248971.5	0.23	U	249710.5	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
248166.3	0.44	U	248978.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	249713.5	0.41	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
248170.1	0.32	U	248983.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	250492.6	0.58	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
248180.1	0.56	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	248991.3	0.39	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
248185.1	0.29	U	248993.9	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	249719.5	0.18	U	250507.5	11.7	CH <sub>3</sub> OH
248191.4	0.23	CCN	248998.8	0.40	SO <sub>2</sub>	249727.5	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	250519.5	0.74	NO
248195.0	0.24	U	249005.1	1.70	U	249730.4	0.59	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	250525.5	0.41	CH <sub>3</sub> CHO
248198.9	0.15	U	249025.7	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	249732.6	0.57	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	250541.5	0.25	U
248216.4	0.84	U	249032.6	4.25	HCOOCH <sub>3</sub>	249736.5	0.87	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250548.5	0.25	SO <sub>2</sub> $\nu_l = 1$
248237.6	0.23	U	249048.9	4.66	HCOOCH <sub>3</sub>	249741.5	1.16	U	250552.5	0.34	CH <sub>3</sub> CHO
248247.6	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249056.4	1.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	249752.5	0.25	U	250560.5	0.39	CH <sub>3</sub> CHO
248250.1	0.33	HCCC <sup>15</sup> N $\nu_7 = 1^+$	249067.6	0.54	U	249760.5	0.74	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250569.5	0.29	CH <sub>3</sub> CHO
		HCOOCH <sub>3</sub>	249076.3	0.22	U	249774.5	0.77	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250571.6	0.29	CH <sub>3</sub> CHO
248255.0	0.32	U	249083.9	0.41	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	249779.5	0.90	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	250577.6	0.17	U
248260.1	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	249093.9	0.39	DCOOCH <sub>3</sub>	249782.4	0.96	U	250592.5	0.16	CH <sub>3</sub> CHO
248270.1	0.90	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249101.3	0.80	U	249790.6	0.83	U			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249111.4	2.44	CH <sub>2</sub> CHCN	249799.5	0.85	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250616.6	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
248275.1	1.16	HCOOH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	249806.5	1.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250618.5	0.13	U
248283.9	8.41	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	249812.5	0.88	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250636.5	10.3	CH <sub>3</sub> OH
248303.9	0.20	U	249133.8	2.77	OC <sup>34</sup> S	249819.5	0.53	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250651.5	0.11	U
248312.6	0.30	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249839.5	0.62	U	250664.5	0.20	U
248315.1	0.30	U	249143.9	1.18	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	249831.5	0.12	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	250668.4	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>
248326.3	0.94	U	249162.6	3.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249849.5	0.18	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	250676.5	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248332.6	0.30	SO <sup>18</sup> O			<sup>34</sup> SO	249853.6	0.40	U			CH <sub>3</sub> CHO
248335.1	0.27	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	249857.5	0.82	U	250679.5	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>
248338.9	0.28	U	249177.6	1.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	249864.0	0.42	U			CH <sub>3</sub> CHO
248367.7	3.07	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	249193.9	6.29	CH <sub>3</sub> OH	249873.5	0.16	U	250686.5	0.21	U
248390.1	0.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	249216.4	1.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	249888.4	17.8	CH <sub>3</sub> OH	250691.5	0.11	U
		HDCS			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249901.5	0.59	U	250694.5	0.10	U
248398.9	0.23	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 2$	249231.4	0.18	U	249903.5	0.61	U	250697.6	0.19	U
248412.6	0.35	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249236.4	0.19	U	249909.4	1.33	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	250701.4	0.20	CH <sub>3</sub> CHO
248428.8	0.67	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249241.4	0.21	U	249925.5	7.12	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>
248440.2	2.44	SO <sup>18</sup> O	249251.3	1.63	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	250703.6	0.21	U
		SO <sub>2</sub>	249260.1	0.10	U	249940.5	0.16	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	250707.5	0.36	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	249277.6	0.13	U	249947.5	0.08	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	250709.5	0.35	NO
248450.2	0.85	U	249293.9	0.11	U	249953.5	0.19	U	250713.5	0.29	U
248465.1	0.61	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	249301.4	0.15	U	249955.5	0.26	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	250717.5	0.29	U
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249306.4	0.21	<sup>34</sup> S <sup>17</sup> O	249958.5	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250720.5	0.21	U
248476.3	0.62	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249960.5	0.47	U	250726.5	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>
248487.6	0.38	U	249313.9	0.19	U	249962.5	0.25	U			U
248492.7	0.38	U	249317.6	0.15	CH <sub>3</sub> CHO	249967.5	0.17	U	250739.6	0.13	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_l = 1$
248503.5	0.32	CCCS	249327.6	0.85	CH <sub>3</sub> CHO	249976.5	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250744.5	0.24	U
248508.5	0.45	U	249340.1	0.11	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	250746.5	0.27	Si <sup>17</sup> O
248513.5	0.17	U	249353.9	0.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	249986.5	0.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	250753.6	0.42	NO
248517.6	0.12	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH	249991.5	0.35	U	250758.5	0.31	U
248525.4	0.49	U	249363.9	0.20	U	249998.5	0.04	DCOOCH <sub>3</sub>	250785.5	0.70	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
248532.5	1.76	CH <sub>2</sub> CHCN	249371.4	0.27	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	250007.4	0.39	HCOOCH <sub>3</sub>	250797.5	2.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
248551.5	0.25	U	249377.6	0.15	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	250013.8	0.16	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CHO
248557.5	1.05	U	249388.8	0.16	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			NO
248568.5	0.28	U	249400.1	0.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	250020.1	0.50	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	250807.4	1.07	U
248578.5	0.76	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	249410.1	0.75	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	250028.8	0.35	U	250817.5	2.42	CH <sub>3</sub> CHO
248582.5	0.48	U			HNC <sup>18</sup> O	250032.6	0.12	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_l = 1$			NO
248596.6	0.21	DCOOCH <sub>3</sub>	249421.4	15.6	CH <sub>3</sub> OH	250052.6	1.77	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN			SO <sub>2</sub>
		CH <sub>3</sub> O <sup>13</sup> CH	249445.1	9.48	CH <sub>3</sub> OH	250063.8	0.36	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	250829.6	0.54	CH <sub>3</sub> CHO
248601.5											



Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm												
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
250955.5	3.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	251954.5	0.35	U	252748.5	0.15	DCOOCH <sub>3</sub>	253563.5	0.86	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
250967.5	0.45	<sup>18</sup> OCS	251959.6	0.12	H <sup>13</sup> COOH			U	253573.1	5.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	
		HCOOCH <sub>3</sub>	251967.5	0.40	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	252752.5	0.14	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
250971.6	1.57	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	251972.5	0.72	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252758.6	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			NS	
250981.5	0.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	252761.5	0.19	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	251985.5	21.0	CH <sub>3</sub> OH	252763.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	253595.5	0.30	U	
250990.5	0.15	U	252012.6	0.32	U	252768.5	0.24	U	253598.5	0.27	U	
251003.8	1.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252015.5	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	252772.6	0.20	U	253606.5	1.12	HCOOCH <sub>3</sub>	
251028.9	0.76	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	252019.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252775.5	0.17	U			NS	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252021.4	0.13	DCOOCH <sub>3</sub>	252777.5	0.18	HD <sup>13</sup> CO	253610.5	0.39	NS	
251041.4	4.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U	252804.5	8.87	CH <sub>3</sub> OH	253622.5	0.78	HC <sup>13</sup> CCN	
251061.3	1.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252031.4	0.86	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252824.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	253630.5	0.54	U	
		HCOOCH <sub>3</sub>			SO <sup>17</sup> O	252830.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253638.5	0.57	U	
251072.6	0.16	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	252053.9	0.15	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	252840.5	0.32	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253646.5	0.95	HCC <sup>13</sup> CN	
251082.6	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			NS	
		HCOOCH <sub>3</sub>	252068.9	0.18	SO <sup>17</sup> O	252845.6	0.57	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253654.5	0.28	U	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			U	253659.5	0.76	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	
251096.4	0.57	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	252072.7	0.17	U	252860.5	0.18	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CHO	252080.2	0.51	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252862.5	0.17	SiS $v = 1$	253664.5	0.17	U	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			HCOOH	252871.5	1.07	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	253668.5	0.10	U	
251110.1	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	252091.4	10.5	CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253672.5	0.14	U	
251127.6	1.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252112.6	0.88	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252886.5	1.17	U	253675.4	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	252133.8	0.20	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	252899.5	3.78	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253684.6	0.20	NH <sub>2</sub> CHO	
251143.9	2.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	252137.6	0.14	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	252911.4	0.50	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253690.5	2.21	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252151.5	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	252918.5	0.18	U	253698.5	0.37	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
251165.2	17.2	CH <sub>3</sub> OH	252158.9	1.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252926.5	0.30	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253702.5	0.14	U	
251201.3	29.9	SO <sub>2</sub>			<sup>34</sup> SHD	252934.5	0.14	SO <sup>17</sup> O	253707.4	0.15	U	
251243.9	0.37	HCOOCH <sub>3</sub>			OC <sup>33</sup> S			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253719.5	0.68	HCOOCH <sub>3</sub>	
251250.0	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	252171.4	0.24	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252937.4	0.10	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	
		DCOOCH <sub>3</sub>	252183.9	0.17	U	252952.5	0.51	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	253727.5	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		CH <sub>3</sub> CHO	252197.6	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252958.5	0.11	U	253732.5	0.31	U	
251256.4	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	252232.6	0.05	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252960.5	0.10	U	253736.5	0.20	U	
251265.2	2.64	HCOOCH <sub>3</sub>	252243.9	0.78	HCOOCH <sub>3</sub>	252963.5	0.17	SO <sup>17</sup> O	253744.5	1.52	U	
251272.6	0.42	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252970.5	0.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253757.4	12.8	CH <sub>3</sub> OH	
251286.3	2.99	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252253.9	9.14	CH <sub>3</sub> OH	252979.5	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	253778.5	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252272.6	0.53	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	253784.5	0.26	U	
		HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252986.5	0.67	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	253787.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	
251302.7	1.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252278.8	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	252992.5	0.39	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	253793.5	0.21	U	
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	252285.1	0.12	U	253010.1	0.11	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	253801.4	0.16	U	
		c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	252292.6	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	253045.1	0.12	U	253808.5	1.26	U	
251315.1	0.35	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	252298.9	0.11	U	253051.3	0.17	U	253816.5	0.15	U	
251340.1	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252318.5	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253061.4	0.82	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	253818.5	0.16	U	
251361.3	17.4	CH <sub>3</sub> OH	252325.2	0.06	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253081.4	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	253825.4	0.28	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
251387.6	0.40	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	252336.3	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253088.8	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	
251393.9	0.25	U			U	253096.4	0.11	U	253830.5	0.17	U	
251408.9	0.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	252353.9	0.13	U	253110.1	0.21	U	253835.5	0.14	U	
		SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	252357.6	0.10	U	253117.7	0.15	U	253838.5	0.11	U	
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	252367.7	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	253132.6	0.36	U	253849.5	0.11	U	
251422.6	1.45	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	253137.7	0.86	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253853.5	0.13	U	
251428.8	1.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252381.3	0.18	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	253857.5	0.14	U	
		SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	252385.2	0.14	U	253143.9	0.43	SO <sup>17</sup> O	253861.5	0.12	U	
251445.1	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	252402.6	0.38	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	253155.1	0.21	U	253866.5	0.19	U	
251452.6	0.83	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252413.9	0.15	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	253167.6	1.35	NH <sub>2</sub> CHO	253875.5	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
		SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	252417.6	0.16	U	253173.9	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	253879.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252423.9	0.10	<sup>13</sup> CCH	253210.1	10.6	<sup>34</sup> SO	253881.4	0.15	U	
251463.3	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252428.9	0.14	U	253222.6	14.5	CH <sub>3</sub> OH	253883.5	0.18	U	
251470.1	0.26	U	252445.2	1.02	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	253243.9	0.38	U	253888.5	0.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	
251480.1	0.13	CH <sub>3</sub> CHO	252458.9	0.24	<sup>36</sup> SO	253250.0	0.19	DCCCN			U	
251483.8	0.39	U			<sup>13</sup> CCH	253262.6	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253893.4	0.19	U	
251488.9	0.68	HCOOCH <sub>3</sub>	252467.7	0.44	U	253268.9	1.01	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253907.5	2.32	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CHO	252471.4	0.42	<sup>13</sup> CCH	253288.9	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252486.4	8.51	CH <sub>3</sub> OH	253300.0	0.23	U	253916.5	0.72	NS	
251504.5	3.62	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252505.5	0.33	U	253303.2	0.27	U	253940.0	3.63	SO <sub>2</sub>	
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	252511.5	0.45	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253311.4	1.47	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	
251508.5	3.27	CH <sub>2</sub> CHCN			U	253328.9	0.17	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	253944.5	3.31	<sup>36</sup> SO <sub>2</sub>	
251518.5	20.6	CH <sub>3</sub> OH	252513.5	0.42	<sup>13</sup> CCH	253336.4	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
251540.1	0.14	CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t = 1$	252520.5	0.25	U	253345.1	0.11	U	253959.6	6.22	SO <sub>2</sub>	
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252524.5	0.30	U	253351.4	0.16	U	253971.6	5.35	NS	
251548.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252537.5	0.12	U	253356.4	0.39	U	253993.9	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>	
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	252543.5	0.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	253364.6	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			U	
251563.5	1.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252548.5	0.25	U	253375.1	0.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	254016.5	9.95	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252554.6	0.40	U			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OH	
251567.5	1.57	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	252558.5	0.48	U	253392.7	0.62	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	254027.6	1.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
251573.4	0.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	252566.5	1.90	SO <sub>2</sub>			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	254037.6	0.12	U	
251584.5	3.63	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	252579.5	0.38	<sup>13</sup> CCH			HCOOCH <sub>3</sub>	254055.1	0.14	U	
251610.5	3.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	253405.1	1.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	254068.9	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	
251642.5	20.4	CH <sub>3</sub> OH	252587.5	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	253420.1	0.14	U			SO <sup>18</sup> O	
251655.5	0.93	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	252594.5	0.64	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	253427.6	0.25	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	254076.3	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
2												

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
254347.6	0.13	HC <sub>3</sub> N $\nu_4 = 1$	255281.4	0.14	U	256308.9	0.43	H <sup>+</sup> 29 $\alpha$	257130.1	0.74	CH <sub>3</sub> CN
254358.9	0.13	U	255327.6	4.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>
254385.1	0.20	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$			g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	257161.3	0.11	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CHO	256316.4	1.05	CH <sub>3</sub> CCH	257165.1	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
254392.6	0.43	U	255357.6	1.34	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256322.6	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
254412.6	1.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255375.2	11.7	OCS	256331.4	0.92	CH <sub>3</sub> CCH	257173.8	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254425.1	4.45	CH <sub>3</sub> OH	255402.6	0.12	U	256336.4	1.09	CH <sub>3</sub> CCH	257185.1	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254467.6	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	255410.1	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256346.4	0.32	U			H <sup>13</sup> COOH
254486.4	1.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255432.6	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256352.6	0.81	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	257205.1	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
254503.5	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	255456.4	0.07	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256368.9	0.45	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	257212.7	0.81	CH <sub>3</sub> CN
254510.5	1.33	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	255460.1	0.27	U			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
254519.5	0.38	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	255472.7	0.28	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256376.4	0.11	U	257227.6	1.46	HCOOCH <sub>3</sub>
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	255480.1	0.25	HC <sup>18</sup> O <sup>+</sup>	256381.4	0.14	U	257243.9	2.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
254531.5	0.51	U	255483.9	0.13	H <sup>15</sup> NCO	256400.1	1.94	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	257253.9	3.01	HCOOCH <sub>3</sub>
254548.5	1.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255488.9	0.13	SO <sup>17</sup> O	256411.4	0.62	CH <sub>2</sub> CHCN			<sup>29</sup> SiO
254554.5	2.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	255497.7	0.81	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256421.4	0.25	U	257276.4	0.61	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
		O <sup>18</sup> CS	255518.5	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$	256428.9	0.65	CH <sub>2</sub> CHCN	257287.6	1.23	CH <sub>3</sub> CN
254571.5	2.86	SO	255554.5	8.12	SO <sub>2</sub>	256449.5	0.70	CH <sub>2</sub> CHCN	257298.9	0.64	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254577.5	4.05	SO	255582.5	0.12	NS	256461.4	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
254597.5	1.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255588.5	0.11	NS	256468.9	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	257313.9	1.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
254604.5	0.19	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
254612.5	0.15	OCS $\nu_3 = 1$	255590.5	0.11	D <sub>2</sub> CS	256472.6	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
254636.5	1.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255598.5	0.41	NS	256477.6	0.31	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	257351.4	2.43	CH <sub>3</sub> CN
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	255603.5	0.49	NS			U			<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>
254646.5	0.12	U	255626.5	0.11	U	256485.1	0.10	U			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
254666.5	1.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255654.5	1.63	H <sup>13</sup> CCCN	256488.8	0.12	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7 + \nu_5$	257373.9	0.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
254672.5	0.32	U			SO <sup>17</sup> O	256492.7	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	257381.4	0.50	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
254677.5	0.28	U			<sup>38</sup> SO	256502.5	0.42	U	257403.9	3.47	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN
254690.5	4.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255671.4	0.20	H <sup>15</sup> NCO	256508.5	0.85	CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> OH
254694.5	3.51	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	255673.5	0.19	U	256529.5	0.62	CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CN
254703.6	6.94	HCCCN	255692.5	2.04	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	256538.5	0.61	U	257422.7	0.38	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
254719.5	2.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255702.4	1.04	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256555.4	0.11	CH <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
254728.6	0.59	NH <sub>2</sub> CHO	255733.5	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$	256563.4	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	257450.1	3.01	CH <sub>3</sub> CN
254735.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	255745.5	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>	256567.5	0.22	H <sup>+</sup> 48 $\epsilon$			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
254739.5	0.14	NH <sub>2</sub> CHO			U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	257483.9	5.05	CH <sub>3</sub> CN
254741.5	0.13	U	255758.5	0.06	DCOOCH <sub>3</sub>	256569.6	0.22	U	257498.8	0.94	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254745.5	0.38	NH <sub>2</sub> CHO			U	256571.5	0.23	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7 + \nu_6$	257508.4	5.35	CH <sub>3</sub> CN
254755.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	255768.5	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	257523.5	6.15	CH <sub>3</sub> CN
254769.5	0.46	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	255777.5	1.38	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256580.5	0.82	CH <sub>2</sub> CHCN	257528.0	6.63	CH <sub>3</sub> CN
254770.5	0.20	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	257552.5	0.11	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
254779.5	0.26	U	255790.5	1.34	HCOOCH <sub>3</sub>	256586.5	2.49	CH <sub>2</sub> CHCN	257555.5	0.10	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254781.5	0.33	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	255803.5	0.11	C <sup>13</sup> CH			HDCCO	257575.5	0.13	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
254788.5	1.12	NH <sub>2</sub> CHO	255806.4	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256596.5	0.20	U	257581.5	0.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
254812.5	0.26	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH	256601.5	0.16	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	255810.5	0.25	C <sup>13</sup> CH	256606.5	0.22	HDCCS	257587.5	0.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
254827.5	0.27	CH <sub>3</sub> CHO	255815.5	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256612.5	0.16	U	257589.5	0.59	U
254842.5	1.09	HCOOCH <sub>3</sub>			C <sup>13</sup> CH	256615.5	0.16	U	257601.5	0.11	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	255819.5	0.10	U	256620.5	0.13	U			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
254851.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	255822.5	0.10	C <sup>13</sup> CH	256626.5	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	257616.5	0.24	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> CHO	255833.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	256633.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	257618.5	0.22	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
254861.5	0.18	HC <sub>3</sub> N $\nu_5 = 1$	255840.5	0.25	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^+$	257623.5	0.42	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
254865.6	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	255847.5	0.13	U	256635.5	0.13	U	257623.5	0.42	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
254867.5	0.15	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	255853.6	0.12	H <sup>15</sup> NCO	256669.5	0.55	CH <sub>2</sub> CHCN	257633.5	0.37	CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
254878.5	0.67	NH <sub>2</sub> CHO	255858.4	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256672.5	0.92	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	257639.5	0.21	H <sup>+</sup> 41 $\gamma$
254884.5	0.12	U	255860.5	0.13	U	256692.5	0.10	U	257642.5	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254910.5	0.10	U	255873.5	0.41	NH <sub>2</sub> CHO	256696.5	0.10	U	257649.5	0.46	CH <sub>2</sub> CHCN
254918.5	0.26	H <sup>15</sup> NCO			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256701.5	0.14	U	257664.5	0.16	U
254924.5	0.19	U	255896.5	0.18	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	256704.5	0.14	U	257667.5	0.11	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
254942.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	255909.5	1.92	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	256715.4	0.62	CH <sub>2</sub> CHCN	257675.5	0.17	U
254960.5	1.35	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	255927.5	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256724.5	0.20	HC <sub>3</sub> N 2 $\nu_7 + \nu_6$	257680.5	0.11	U
254966.6	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	255959.6	6.03	SO <sub>2</sub>	256726.5	0.21	U	257691.5	1.34	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$
254979.6	5.81	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255982.5	0.81	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256729.5	0.19	U			HCOOCH <sub>3</sub>
254993.9	0.46	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	255990.1	0.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	256732.4	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>	257700.5	1.29	HCOOCH <sub>3</sub>
255001.5	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	256741.5	0.17	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	257722.5	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
255005.2	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	255992.5	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	256748.5	0.16	H <sup>15</sup> NCO	257740.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
255012.6	0.16	NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$	255994.5	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	256752.5	0.16	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
255020.2	0.14	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256758.5	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	257749.5	1.06	HDCCO
255024.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>	255998.9	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256761.5	0.24	U	257754.5	0.28	SO <sup>18</sup> O
255026.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>	256000.5	0.10	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	256771.5	0.22	CH <sub>2</sub> CHCN			HCOOCH <sub>3</sub>
		H <sup>15</sup> NCO	256007.6	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	256774.5	0.16	U	257762.4	0.16	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN
255028.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256013.9	0.10	<sup>38</sup> SO <sub>2</sub>	256778.5	0.25	U	257765.5	0.12	U
255037.6	0.13	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	256790.5	0.51	U	257767.5	0.13	U
255041.3	0.19	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	256794.4	0.11	U	257772.5	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>
255052.6	2.06	HDO	256027.6	0.65	HCS <sup>+</sup>	256809.5	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	257774.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	256045.2	0.41	U	256811.5	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	257778.5	0.12	U
255060.1	0.56	NH <sub>2</sub> CHO	256050.1	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>	256814.5	0.24	U	257780.5	0.12	NO
255075.1	4.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256818.5	0.19	CH <sub>3</sub> CN	257783.5	0.12	SO <sup>18</sup> O
255080.1	1.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	256062.7	0.20	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	256827.5	0.77	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			NO
		NH <sub>2</sub> CHO	256072.6	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	256840.5	0.61	CH <sub>2</sub> CHCN			SHD
255092.6	0.14	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	256093.9								

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm														
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
257875.4	0.15	U	258625.5	0.18	U	259630.5	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>	260342.7	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260342.7	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
257891.5	0.36	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258636.5	0.10	U	259640.6	0.12	U	260350.1	0.21	U	260350.1	0.21	U
257907.4	0.35	U	258649.5	0.16	U	259648.5	1.43	HCOOCH <sub>3</sub>	260355.1	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	260355.1	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
257914.5	1.08	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258669.5	1.57	SO <sub>2</sub>	259654.5	0.94	HCOOCH <sub>3</sub>	260366.4	0.61	CH <sub>2</sub> DCN	260366.4	0.61	CH <sub>2</sub> DCN
		HCOOCH <sub>3</sub>	258682.5	0.21	U	259691.5	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260373.9	0.17	U	260373.9	0.17	U
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	258689.5	0.12	U	259699.5	0.15	$g^- - CH_3CH_2OH$	260383.9	5.22	CH <sub>3</sub> OH	260383.9	5.22	CH <sub>3</sub> OH
257920.5	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	258691.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CCS			HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
257934.5	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	258694.5	0.12	U	259704.5	0.10	U			CH <sub>2</sub> DCN			CH <sub>2</sub> DCN
257942.6	0.11	U	258696.5	0.15	U	259711.5	0.12	U	260393.9	1.93	HCOOCH <sub>3</sub>	260393.9	1.93	HCOOCH <sub>3</sub>
257944.6	0.16	U	258702.5	0.57	U	259727.5	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	260405.1	4.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260405.1	4.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
257948.5	0.31	U	258708.4	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>	259733.5	0.80	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
257953.5	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			SiO $\nu = 1$	259739.5	0.11	U			HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
257956.5	0.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	258715.5	0.42	HCOOCH <sub>3</sub>	259749.5	0.12	$g^+ - CH_3CH_2OH$	260416.4	1.80	HCOOCH <sub>3</sub>	260416.4	1.80	HCOOCH <sub>3</sub>
257959.0	0.32	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	258720.5	0.12	CH <sub>3</sub> CHO	259753.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260422.6	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260422.6	0.91	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
257961.5	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	258723.5	0.13	U			$g^+ - CH_3CH_2OH$			CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
257965.5	0.23	U	258727.5	0.15	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	259759.5	0.44	U	260427.7	1.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260427.7	1.04	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
257968.5	0.19	U			DCOOCH <sub>3</sub> / CH <sub>3</sub> OH	259761.5	0.42	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
257972.5	0.21	U	258731.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	259766.5	0.15	U	260435.1	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	260435.1	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
257975.5	0.43	HCOOH	258747.5	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>	259771.5	0.13	U	260442.7	1.32	CH <sub>2</sub> DCN	260442.7	1.32	CH <sub>2</sub> DCN
257978.5	0.23	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258757.5	1.00	HCOOCH <sub>3</sub>	259778.5	0.11	$g^+ - CH_3CH_2OH$	260451.4	0.37	CCH $\nu_2 = 1$	260451.4	0.37	CCH $\nu_2 = 1$
257988.4	0.11	HNCS	258770.5	0.74	HCOOCH <sub>3</sub>	259805.4	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	260458.9	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260458.9	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
257993.5	0.24	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258776.5	0.60	U	259815.5	0.14	$g^+ - CH_3CH_2OH$			$g^- - CH_3CH_2OH$			$g^- - CH_3CH_2OH$
258002.6	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>	258781.5	2.06	CH <sub>3</sub> OH			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	260463.9	0.46	U	260463.9	0.46	U
258008.5	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	258795.6	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	259818.6	0.10	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260466.4	0.38	U	260466.4	0.38	U
258011.4	0.67	U	258800.4	0.22	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	259832.5	0.17	U	260471.4	0.44	U	260471.4	0.44	U
258025.1	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>	258802.5	0.16	U	259834.5	0.18	$t^- - CH_3CH_2OH$	260520.5	26.4	SiO	260520.5	26.4	SiO
258038.9	0.22	U	258806.5	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	259850.4	2.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260538.5	11.3	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260538.5	11.3	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
258042.6	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	258808.5	0.12	U	259859.5	0.73	SO $v = 1$	260565.5	0.27	U	260565.5	0.27	U
258056.4	1.44	HCOOCH <sub>3</sub>	258813.5	0.10	U	259866.5	2.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260569.5	0.40	U	260569.5	0.40	U
		CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258827.5	0.17	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260573.5	0.43	U	260573.5	0.43	U
258072.6	0.44	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258830.5	0.12	<sup>17</sup> OCS	259872.5	1.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260578.5	0.16	U	260578.5	0.16	U
		HDCO	258834.5	0.12	U	259879.5	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260580.5	0.34	U	260580.5	0.34	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	258838.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	259909.5	1.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260584.5	0.18	U	260584.5	0.18	U
258082.6	1.33	HCOOCH <sub>3</sub> / HDCO	258842.5	0.15	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260588.5	0.38	U	260588.5	0.38	U
258090.2	1.11	HCOOCH <sub>3</sub>	258848.5	0.26	HCOOCH <sub>3</sub>	259920.5	2.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260592.5	0.58	$g^+ - CH_3CH_2OH$	260592.5	0.58	$g^+ - CH_3CH_2OH$
258102.6	0.19	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	258860.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260598.5	1.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260598.5	1.77	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
258111.3	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 5$	258869.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	259937.5	0.13	U	260607.4	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	260607.4	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
258122.6	0.83	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258896.5	0.12	U	259942.5	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260609.5	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260609.5	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
		HCOOCH <sub>3</sub>	258901.5	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	259947.6	0.16	U	260618.5	1.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260618.5	1.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
258136.3	0.52	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	258943.4	9.56	SO <sub>2</sub>	259958.5	1.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260626.5	0.29	U	260626.5	0.29	U
258158.8	5.69	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	258979.5	0.18	U	259969.5	0.19	U	260628.5	0.46	$t^- - CH_3CH_2OH$	260628.5	0.46	$t^- - CH_3CH_2OH$
		HC <sup>15</sup> N	259012.6	11.2	H <sup>13</sup> CN	259977.5	0.10	U	260630.5	0.34	U	260630.5	0.34	U
		CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	259035.1	1.19	HDCO / <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	259987.5	1.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260634.5	0.39	U	260634.5	0.39	U
258188.9	0.40	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	259056.4	0.10	CCS			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	260637.5	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260637.5	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	259070.1	0.19	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260639.5	0.60	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	260639.5	0.60	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
258201.3	0.31	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	259083.9	0.16	U	260006.3	1.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260645.4	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	260645.4	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	259098.9	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			$t^- - CH_3CH_2OH$	260647.5	0.32	U	260647.5	0.32	U
258205.7	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	259115.1	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>	260017.1	2.54	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260649.5	0.34	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	260649.5	0.34	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	259128.9	1.03	HCOOCH <sub>3</sub>			$g^+ - CH_3CH_2OH$	260656.5	1.00	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	260656.5	1.00	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
258217.6	1.00	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	259138.8	0.69	HCOOCH <sub>3</sub>	260028.9	6.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
258255.1	22.6	SO	259188.9	0.12	$c^- - C_2H_4O$	260040.1	1.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260668.5	4.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260668.5	4.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
258297.6	1.37	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	259198.8	0.08	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			H <sup>+</sup> $36\beta$	260682.5	4.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260682.5	4.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		HCOOCH <sub>3</sub>	259203.9	0.06	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>2</sub> DCN	260691.5	1.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260691.5	1.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
258307.5	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	259212.6	0.20	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	260047.6	0.92	$g^- - CH_3CH_2OH$	260693.4	1.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	260693.4	1.97	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	259215.1	0.19	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	260704.6	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	260704.6	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
258322.6	0.87	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260056.4	0.49	CCCS	260706.5	0.42	U	260706.5	0.42	U
		CH <sub>3</sub> OD			<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	260066.3	0.97	CH <sub>3</sub> OH	260711.5	0.30	U	260711.5	0.30	U
258338.8	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	259236.4	1.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	260715.5	0.24	U	260715.5	0.24	U
258351.3	0.19	U	259255.1	0.12	U	260072.6	0.48	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	260720.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260720.5	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
258363.8	0.59	CH <sub>2</sub> CHCN	259276.4	1.75	CH <sub>3</sub> OH $\nu_7 = 1$	260083.9	1.87	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	260728.5	1.68	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	260728.5	1.68	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
258391.4	2.08	SO <sub>2</sub>	259286.4	1.83	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	260090.1	1.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
258433.9	0.19	U	259312.6	1.01	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			$g^+ - CH_3CH_2OH$	260740.5	0.34	U	260740.5	0.34	U
258452.6	0.09	CH <sub>3</sub> CH												

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
260926.5	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	261565.0	2.81	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262226.3	2.73	CH <sub>3</sub> OH	262885.5	0.42	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
260931.5	0.25	U	261567.5	2.35	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262258.9	10.4	SO <sub>2</sub>	262891.5	1.56	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
260935.5	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	261573.5	1.13	CH <sub>2</sub> DCN	262293.9	0.17	U	262896.5	1.39	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
260939.5	0.15	SO <sup>17</sup> O	261579.5	0.49	U	262297.6	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	262898.5	1.07	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
260944.5	0.15	U	261586.5	1.57	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262313.9	1.36	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
260951.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	261592.5	0.49	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262907.5	0.16	U
260955.5	0.20	U	261598.5	0.18	U	262317.7	1.11	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262914.6	0.52	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
260964.5	0.73	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	261604.5	1.02	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	262326.4	1.84	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
260967.5	0.38	U	261612.4	0.32	U	262341.4	2.17	SO <sub>2</sub>	262921.5	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
260978.5	0.13	U	261616.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N			HCOOCH <sub>3</sub>	262931.5	0.04	DCOOCH <sub>3</sub>
260983.5	0.32	HCOOCH <sub>3</sub>			<sup>33</sup> S <sup>18</sup> O	262358.9	0.17	U	262947.6	0.11	U
260986.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>	261619.5	0.16	U	262363.8	0.27	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	262949.5	0.10	U
260988.5	0.66	U	261623.5	0.27	U	262370.2	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	262952.5	0.15	HD <sup>13</sup> CO
260993.9	2.45	OC <sup>34</sup> S	261625.5	0.41	U			<sup>18</sup> OCS			HCOOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	261627.5	0.61	U	262380.1	0.21	H <sub>2</sub> CCO	262961.5	0.51	CH <sub>3</sub> CHO
261005.5	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	261635.5	0.68	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262965.5	0.77	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261011.5	0.28	NH <sub>2</sub> CHO	261640.5	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	262386.3	0.27	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262972.5	1.09	SO <sub>2</sub>
261016.5	0.18	U	261642.5	0.32	U	262390.1	0.60	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262983.5	0.40	CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH
261023.9	0.38	U	261644.5	0.38	U	262395.2	1.47	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
261033.9	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	261651.5	0.42	SiN	262421.5	0.12	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	262990.6	0.46	CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH
261043.8	0.77	HCOOCH <sub>3</sub>	261658.5	0.47	SiN	262425.1	0.13	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	262996.5	0.27	U
261051.3	0.34	U	261660.6	0.55	SiN	262431.4	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	263004.5	0.66	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$
261056.4	0.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261664.5	0.36	U	262438.8	0.19	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CHO
261062.6	3.05	CH <sub>3</sub> OH	261667.5	0.21	U	262442.6	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	263013.5	0.16	U
261076.4	1.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	261669.5	0.19	U	262448.9	0.12	HCOO <sup>18</sup> CH <sub>3</sub>	263018.9	0.20	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	261675.5	0.30	U			S <sup>18</sup> O	263023.8	0.08	DCOOCH <sub>3</sub>
261078.9	1.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261679.5	0.13	U	262457.7	0.15	HCOO <sup>18</sup> CH <sub>3</sub>			U
261083.9	1.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261681.5	0.18	U	262466.4	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	263031.4	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	261684.5	0.19	DCCCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	263036.4	0.24	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261096.4	0.89	SO <sub>2</sub>	261688.5	0.73	NH <sub>2</sub> D			HCOOH	263045.1	1.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		HCOOCH <sub>3</sub>	261696.5	0.36	U	262477.6	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	263051.4	2.00	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261102.6	0.58	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 4$	261699.5	0.45	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263070.2	0.12	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 2$
261107.6	0.40	U	261705.6	4.42	CH <sub>3</sub> OH			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	263075.1	0.21	U
261115.1	0.63	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261716.5	3.24	HCOOCH <sub>3</sub>	262488.8	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	263087.6	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
261127.6	0.87	HCOOCH <sub>3</sub>	261722.5	0.39	U	262501.3	0.20	H <sub>2</sub> CCO	263103.8	0.29	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261136.3	0.32	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	261728.5	1.18	U	262505.5	0.10	U	263108.9	1.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261140.1	0.32	U	261735.4	0.12	U	262520.5	0.15	U	263115.2	2.03	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
261150.1	4.83	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	261739.5	0.15	U	262523.4	0.16	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
		HCOOCH <sub>3</sub>	261747.5	3.30	HCOOCH <sub>3</sub>	262528.5	0.26	SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261166.4	3.46	HCOOCH <sub>3</sub>	261762.5	1.19	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	263151.5	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
261176.3	0.59	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261767.5	0.39	U	262532.5	0.34	U			DCOOCH <sub>3</sub>
261182.6	0.26	U	261771.5	0.39	U	262541.5	0.15	U	263160.1	0.10	U
261186.4	0.41	H <sup>13</sup> COOH	261774.5	0.55	HCOOCH <sub>3</sub>	262549.5	0.74	H <sub>2</sub> CCO	263170.1	0.20	U
		U	261777.5	0.18	U	262560.6	0.32	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	263173.9	0.16	U
261192.6	0.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	261779.5	0.16	U	262569.4	0.21	U	263178.9	0.13	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		U	261781.5	0.27	SO <sup>17</sup> O	262572.5	0.30	HCOOCH <sub>3</sub>	263195.1	0.10	HCOO <sup>18</sup> CH <sub>3</sub>
261198.9	0.39	CCH $\nu_2 = 1$	261786.5	0.73	HCOOCH <sub>3</sub>	262578.5	0.15	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	263201.4	0.09	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
261211.4	1.61	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	261791.5	0.47	U			SO <sub>2</sub> $\nu_1 = 1$	263207.6	0.19	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
261223.9	0.77	U	261806.5	15.8	CH <sub>3</sub> OH	262585.4	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>			U
261230.1	0.78	U	261844.5	40.1	SO			<sup>30</sup> SiS	263218.9	0.09	H <sub>2</sub> CS
261236.4	1.56	U	261849.5	41.1	SO	262590.5	0.16	U	263242.6	0.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261250.1	4.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	261873.5	3.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	262593.5	0.16	U	263251.4	0.70	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	261886.5	0.66	U	262598.5	0.74	H <sub>2</sub> CCO	263257.7	1.34	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261257.7	2.70	CH <sub>2</sub> CHCN	261890.5	0.49	U	262600.5	0.67	HCOOCH <sub>3</sub>	263277.6	0.46	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261265.1	2.23	HN <sup>13</sup> C	261898.5	3.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262620.5	0.59	H <sub>2</sub> CCO	263282.6	1.43	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261268.9	2.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
261273.9	2.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	261910.5	0.39	U	262626.4	1.45	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263288.8	1.38	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261912.5	0.36	U	262630.5	0.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263293.9	0.91	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
		g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	261915.5	0.23	U			HCOOCH <sub>3</sub>	263307.6	0.39	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
261296.4	0.19	U	261919.5	0.22	U	262635.5	0.59	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263312.6	0.17	U
261300.1	0.10	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	261922.5	0.15	U	262640.5	0.50	HCOOCH <sub>3</sub>	263325.0	0.05	DCOOCH <sub>3</sub>
261303.9	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261926.5	0.18	U	262648.5	0.29	U	263333.9	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
261312.6	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	261929.5	0.33	U	262650.5	0.29	NCS			HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^-$
		U	261934.6	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	262657.5	0.22	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	263351.3	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>
261318.9	0.34	U			U	262668.5	0.81	HCOOCH <sub>3</sub>			U
261328.9	2.49	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	261939.4	0.12	U	262672.5	0.83	HCOOCH <sub>3</sub>	263377.6	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>
		NH <sub>2</sub> CHO	261957.5	2.92	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262675.9	0.65	HC <sup>13</sup> CN			SO <sup>18</sup> O
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261960.5	1.97	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262684.5	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>	263390.1	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261341.4	0.48	SO <sup>18</sup> O	261966.5	0.37	U	262689.5	0.22	U	263395.2	0.17	U
261348.9	0.25	U	261971.5	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	262691.5	0.24	U	263402.6	0.89	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261351.4	0.17	U			U	262697.5	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	263407.7	2.18	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261358.9	0.89	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261977.5	0.44	CCH			HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN
261368.9	0.51	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	261984.6	0.89	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	262700.5	0.78	HCC <sup>13</sup> CN			HCOOCH <sub>3</sub>
261375.2	0.16	U	261986.5	1.03	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	262711.5	0.17	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
261377.7	0.16	U	261992.5	0.29	U	262730.5	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	263416.4	1.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261382.6	0.22	U	261997.6	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	262740.0	0.08	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	263422.6	0.78	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261391.4	0.35	U	262005.1	3.72	CCH			U	263430.1	0.23	U
261396.3	0.77	U	262017.7	0.24	U	262747.5	0.31	HCOOCH <sub>3</sub>	263441.4	0.46	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
261400.1	0.13	U	262037.6	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	262756.0	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263451.9	0.30	HNCO
261403.9	0.21	U	262048.9	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	262762.5	1.11	H <sub>2</sub> CCO	263458.9	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
261406.4	0.18	U	262065.2	2.22	CCH			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263473.9	0.19	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
261411.4	0.25	CH <sub>2</sub> CDCN	262078.9	0.38	CCH	262771.0	4.05	HNCO	263481.4	0.17	U
261418.9	0.39	U	262088.9	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>	263508.4	1.03	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
261423.9	0.53	CH <sub>2</sub> CDCN	262096.4	0.11	U			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	263512.5		

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
263620.5	0.11	U	264478.9	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	265555.5	1.14	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	266485.1	0.31	SO <sup>17</sup> O
263630.5	1.63	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	264488.9	0.40	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	265572.5	0.20	U	266488.8	0.25	U
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264492.6	0.19	U	265574.5	0.10	U	266496.4	0.34	CH <sub>3</sub> OH
263632.4	1.52	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	264495.1	0.19	U	265576.5	0.13	U	266505.5	0.10	<sup>33</sup> SO
263634.5	1.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	264507.5	0.20	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	265579.5	0.09	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	266510.5	0.27	CH <sub>2</sub> CHCN
263656.4	0.62	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	264553.5	0.12	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	265584.6	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	266513.5	0.27	U
263659.5	0.98	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	264574.5	0.03	CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN	265590.5	0.24	U	266523.4	0.18	U
		SO <sup>17</sup> O	264578.5	0.20	CH <sub>3</sub> OD	265605.5	0.07	HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	266530.5	0.19	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
263663.5	0.87	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	265608.5	0.10	U			CH <sub>3</sub> OH
263675.5	1.34	HNCO	264583.5	0.13	U	265625.5	0.11	U	266533.5	0.54	U
		<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	264588.5	0.23	U	265631.4	0.19	U	266544.4	0.29	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264619.5	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	265651.5	0.11	U	266548.5	0.33	DCOOCH <sub>3</sub>
263680.5	1.43	HNCO	264627.5	0.13	U	265668.6	0.23	U			U
263688.5	0.36	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	264637.4	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	265683.5	0.23	U	266550.4	0.23	U
		HN <sup>13</sup> CO	264648.5	0.19	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	265686.4	0.17	U	266560.5	0.33	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN
263695.5	0.14	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			U	265688.5	0.20	U	266563.5	0.35	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
263710.5	0.13	HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7 = 1^+$	264653.6	0.15	c-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	265699.5	1.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	266569.0	0.24	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	264663.4	0.41	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265715.5	0.11	U	266573.5	0.34	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$
263713.5	0.11	U	264670.5	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	265719.5	0.11	U	266576.5	0.17	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_6$
263729.5	0.18	U	264677.5	0.41	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265723.5	0.16	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	266578.5	0.16	U
263749.5	4.48	HNCO	264695.5	2.57	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	265727.5	0.13	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> / U	266584.5	0.18	U
263769.5	0.29	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			HNCO	265737.4	0.11	U	266588.5	0.60	H <sup>15</sup> NC
263773.5	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	264713.5	0.10	U	265740.5	0.15	U	266590.5	0.34	U
263783.5	1.63	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	264725.4	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>	265744.5	0.23	U	266591.5	0.34	DCOOCH <sub>3</sub>
263795.5	7.03	HCCCN / CH <sub>3</sub> OH			U	265756.0	1.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			U
263814.4	2.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	264728.5	0.11	U	265782.5	0.13	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	266601.4	0.46	U
263838.5	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>	264733.5	0.26	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			HCOOCH <sub>3</sub>	266604.5	0.23	DNCO
263841.5	0.08	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	264736.5	0.16	DCOOCH <sub>3</sub>	265785.5	0.12	U	266606.5	0.24	U
263853.5	0.07	DCOOCH <sub>3</sub>	264739.5	0.22	U	265797.5	0.53	HCOOCH <sub>3</sub>	266612.5	0.24	U
263868.5	0.18	U	264751.5	2.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	265809.5	0.19	U	266620.4	1.93	CH <sub>2</sub> CHCN
263871.4	0.12	U	264775.5	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	265816.5	0.27	NH <sub>2</sub> D	266628.5	1.74	U
263881.5	0.48	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264785.5	0.10	U	265824.5	0.17	U	266639.5	0.19	U
263889.5	0.21	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	264790.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	265827.5	0.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	266644.5	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
263892.5	0.17	U	264792.5	0.21	U	265832.5	0.72	HCOOCH <sub>3</sub>	266646.5	0.37	CH <sub>2</sub> CHCN
263895.5	0.16	U	264798.5	0.60	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	265858.5	5.19	HCN $\nu_2 = 1$	266648.5	0.19	SO <sup>18</sup> O
263900.5	0.35	SO <sub>2</sub>	264810.5	0.83	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	265884.5	34.7	HCN	266653.5	0.24	HC <sub>3</sub> N $3\nu_7 + \nu_6$
263906.4	0.12	U	264820.5	2.02	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	265925.4	1.23	CH <sub>2</sub> CHCN			SO <sup>18</sup> O
263910.5	0.11	U	264835.6	0.12	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$	265937.5	1.01	CH <sub>2</sub> CHCN			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
263917.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264847.5	0.22	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	266655.5	0.19	U
263940.5	0.06	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	264849.5	0.22	DCOOCH <sub>3</sub>	265946.5	0.57	CH <sub>2</sub> CHCN	266659.5	0.10	U
263945.5	0.22	<sup>33</sup> S <sup>17</sup> O			U			CH <sub>2</sub> CHCN	266661.5	0.12	U
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264854.5	0.57	U	265963.5	0.07	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	266670.5	1.59	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
263960.5	0.28	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	264866.5	0.24	DCOOCH <sub>3</sub>	265966.5	0.11	U			O <sup>13</sup> CS
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	265972.5	0.37	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	266678.5	0.74	U
263976.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	264870.5	0.27	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	266689.5	0.42	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	264874.5	0.09	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH	266696.5	1.13	CH <sub>2</sub> CHCN
263978.5	0.27	U	264881.5	0.11	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265978.5	0.23	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
263981.4	0.12	U	264910.5	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	265984.5	0.37	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S	266705.5	1.78	CH <sub>3</sub> OH
263991.6	0.09	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	264912.5	0.32	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265994.4	0.18	U	266720.5	0.76	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
264007.6	0.60	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	264916.5	0.25	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265998.5	0.12	U			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
264018.9	1.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	264933.5	0.08	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	266005.1	1.16	CH <sub>2</sub> CHCN	266724.5	0.44	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
		H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	264951.5	0.13	U	266018.5	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	266728.6	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
264023.9	0.71	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	264953.5	0.13	HCCO <sup>15</sup> N	266023.9	1.05	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	266732.5	0.24	OCS $\nu_3 = 1$
264041.3	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	264964.5	0.36	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	266736.0	0.12	U
264050.2	0.54	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	264989.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	266032.6	0.42	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	266739.5	0.14	U
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	265003.9	1.51	HCOOCH <sub>3</sub>	266050.1	2.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	266744.4	0.41	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
		<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	265011.3	0.09	U			CH <sub>2</sub> CHCN	266747.5	0.39	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
264060.1	0.35	U	265018.8	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	266056.4	2.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	266752.5	0.12	U
264066.4	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	265026.3	1.39	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN	266756.5	0.10	U
264070.2	0.28	U	265052.7	0.10	U	266061.3	2.47	CH <sub>2</sub> CHCN	266763.5	0.23	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
264080.1	0.05	CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN	265067.7	0.18	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	266068.3	1.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	266791.5	0.26	CH <sub>2</sub> CHCN
264094.0	0.12	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS			U	266080.1	0.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	266810.5	0.55	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
264107.6	0.22	U	265083.9	0.11	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$			CH <sub>2</sub> CHCN	266820.5	4.41	HCOOCH <sub>3</sub>
264115.1	0.33	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	265096.3	1.00	H <sub>2</sub> CCO			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	266833.5	3.15	HCOOCH <sub>3</sub>
264119.4	0.20	U	265110.2	0.10	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^-$	266090.2	1.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	266838.5	14.0	CH <sub>3</sub> OH
264128.9	0.19	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	265116.4	0.12	U	266113.9	0.68	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	266864.5	0.16	CH <sub>3</sub> OH
264138.9	0.27	U	265146.3	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	266148.9	1.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	266873.5	0.92	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$
264142.6	0.15	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS			U	266163.8	4.94	HDO	266889.5	0.18	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$
264155.1	0.83	U	265153.9	1.97	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	266198.8	0.08	CH <sub>3</sub> OH	266898.0	0.32	U
264163.9	1.57	OC <sup>33</sup> S	265171.3	0.07	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	266211.4	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	266900.4	0.11	U
264171.5	1.18	SO <sub>2</sub>			U	266218.9	0.06	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	266902.5	0.10	U
264182.6	0.43	U	265192.6	0.16	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	266241.4	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	266935.5	0.31	U
264196.4	0.27	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	265200.1	0.14	CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH	266255.1	1.85	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	266941.5	1.59	U
264212.7	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	265226.3	2.84	CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$			CH <sub>2</sub> CHCN	266944.5	1.05	CH <sub>2</sub> CHCN
264227.6	0.47	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	265238.8	1.74	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	266271.3	1.68	CH <sub>2</sub> CHCN / NO			SO <sub>2</sub>
264243.9	0.35	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OD	266293.9	0.26	CH <sub>3</sub> OH	266953.5	0.11	SO <sup>17</sup> O
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	265261.4	0.13	CH <sub>3</sub> OH	266297.6	0.12	U	266965.5	0.33	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		U			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	266318.9	0.24	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	266967.5	0.12	U
264248.9	0.21	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS	265290.1	5.56	CH <sub>3</sub> OH			DCOOCH <sub>3</sub>	266971.5	0.19	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
264253.9	0.13	U	265302.7	0.17	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	266					

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Freuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
267085.2	0.64	U	268054.4	0.32	CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	268942.5	0.95	HCOOCH <sub>3</sub>	269685.5	0.14	U
267090.1	0.45	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	268945.5	0.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269687.5	0.12	HCOOCH <sub>3</sub>
267097.6	0.27	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	268060.1	0.37	U	268962.5	0.12	U	269689.5	0.14	U
267111.4	0.21	U	268068.9	1.67	CH <sub>2</sub> CHCN	268970.6	2.46	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269712.5	0.37	U
267150.1	0.37	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	268078.9	0.56	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	268987.5	1.08	U	269719.5	1.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267161.4	0.16	U			U	268991.5	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
267171.3	0.66	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	268092.6	0.11	U	269000.1	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269733.5	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267185.1	1.54	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	268096.4	0.16	U	269006.5	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	269741.5	0.86	U
267191.4	1.71	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	268126.3	0.15	U	269018.9	3.84	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269747.5	0.14	CH <sub>3</sub> CHO
267202.7	4.47	SO	268141.3	0.31	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269749.5	0.14	U
267217.7	0.49	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			OCS $\nu_2 = 1$	269028.9	1.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269767.6	3.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
267238.9	0.11	<sup>29</sup> SiS	268147.6	0.51	U	269040.1	1.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269786.5	0.99	CH <sub>3</sub> CHO
267246.3	0.72	U	268165.1	2.75	SO <sub>2</sub>			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	269789.5	0.78	SO <sub>2</sub>
267253.9	0.40	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	268171.4	4.36	SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269809.6	1.03	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267265.1	0.12	U			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	269061.4	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CHO
267285.1	0.11	U	268201.3	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269070.2	0.68	HCOOCH <sub>3</sub>	269819.5	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267295.2	0.16	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	269078.9	2.00	HCOOCH <sub>3</sub>	269835.5	0.89	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267311.4	0.66	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	268220.2	0.52	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269085.1	3.02	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CHO
267376.3	0.16	U			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269091.4	2.14	HCOOCH <sub>3</sub>	269845.5	1.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267404.0	7.77	CH <sub>3</sub> OH	268235.1	0.11	U	269100.1	0.65	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> OD
267433.8	0.11	SO <sub>2</sub>	268241.4	0.32	HCOOH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269854.5	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
		H <sub>2</sub> CCS	268246.3	0.26	U	269116.3	0.98	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CHO
		CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	269125.0	0.38	U			H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
267453.9	0.21	U	268261.3	0.18	HC <sup>18</sup> OOCH <sub>3</sub>	269133.8	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269866.6	0.15	CH <sub>3</sub> CHO
267465.1	0.13	CH <sub>3</sub> OH	268271.4	0.51	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	269142.7	0.73	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
267470.1	0.36	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	268275.1	0.53	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	269150.1	0.32	U			CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN
267478.9	0.20	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	268286.4	0.43	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	269156.4	0.83	U	269879.4	0.09	U
267483.8	0.34	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	268292.6	1.68	HD(CO)	269172.6	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269887.5	0.20	U
267500.1	0.67	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	268308.9	1.97	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$	269910.5	0.50	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
		CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			CH <sub>3</sub> CHO	269201.3	0.71	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			HCOOCH <sub>3</sub>	269212.6	1.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269915.5	0.11	HCOOH
267531.5	11.5	OCS	268317.6	1.56	HCOOCH <sub>3</sub>	269212.6	1.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269922.5	0.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N
267538.5	13.1	SO <sub>2</sub>	268328.9	0.63	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	269934.5	5.07	HCOOCH <sub>3</sub>
267557.5	23.1	HCO <sup>+</sup>	268337.7	0.25	U	269238.8	3.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269953.5	0.61	CH <sub>3</sub> CHO
267592.5	0.85	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	268347.7	0.93	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269970.5	0.44	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
267604.9	0.41	HCOOCH <sub>3</sub>			U	269248.9	3.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			HCOOH
		CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	268358.8	0.16	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	269266.4	0.53	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269974.5	0.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267609.5	0.89	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N			U	269270.2	0.44	U	269976.5	0.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
267613.5	1.01	CH <sub>3</sub> C <sup>15</sup> N	268370.1	0.08	CH <sub>3</sub> OH	269275.1	0.29	HCOOCH <sub>3</sub>	269980.5	0.21	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	268380.1	0.30	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	269292.6	1.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269991.4	0.20	CH <sub>3</sub> CHO
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	268387.7	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269995.1	0.23	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267622.5	0.29	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$	268392.7	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	269308.9	0.66	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269998.9	0.21	CH <sub>3</sub> CHO
		HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	268402.7	1.36	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267635.5	0.29	U	268417.6	0.25	U	269316.4	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	270007.6	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267652.5	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	268436.4	0.24	U	269322.6	0.16	U	270024.5	0.06	CH <sub>3</sub> DCH <sub>2</sub> CN
267673.5	0.22	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	268443.9	0.41	U	269329.5	0.71	U	270025.1	0.19	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
267694.5	0.25	DCOOCH <sub>3</sub>	268450.2	0.47	U	269338.8	0.32	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	270027.6	0.15	U
		U	268455.1	0.35	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>	269348.9	0.27	CH <sub>3</sub> OD	270035.1	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
267698.5	0.39	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	268457.6	0.35	U	269355.2	0.21	DCOOCH <sub>3</sub>	270037.6	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>
267723.5	4.24	SO <sub>2</sub>	268463.8	0.37	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	270050.1	0.20	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S
267743.0	0.38	U	268472.6	0.13	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	269362.6	0.55	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	270056.4	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>
267750.5	0.66	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	268475.1	0.14	U			HCOOCH <sub>3</sub>	270066.4	0.42	HCOOH
267758.5	1.30	U	268477.6	0.14	U	269368.9	0.55	U			HCOOCH <sub>3</sub>
267764.5	0.22	U	268493.9	0.15	U	269376.4	1.86	CH <sub>3</sub> OH	270078.8	0.22	U
267770.5	0.85	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	268497.6	0.22	U	269387.6	1.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	270087.6	0.74	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	268501.5	0.12	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
267775.5	1.70	U	268522.6	0.29	U	269405.1	0.46	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOOCH <sub>3</sub>
267780.5	1.02	U	268538.5	0.13	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	269411.4	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	270097.6	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267784.5	1.52	U	268553.5	1.80	HCOOCH <sub>3</sub>	269417.7	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>	270102.6	0.12	NH <sub>2</sub> CHO
267795.5	0.19	U	268562.5	1.49	HCOOCH <sub>3</sub>	269426.4	0.75	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	270107.6	0.32	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_1 = 1$
267800.5	0.10	HCOOD	268585.5	0.13	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	270111.4	0.55	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
267806.4	0.54	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	268589.5	0.63	HCO <sup>+</sup> $\nu_2 = 2$	269432.6	0.93	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			HCOOCH <sub>3</sub>
267814.4	0.08	HCO <sup>+</sup> <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub>	268593.5	0.89	U	269440.1	0.70	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	270117.6	0.16	U
267826.5	0.30	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	268614.5	0.32	U			HCOOCH <sub>3</sub>	270120.1	0.17	U
267842.5	0.10	U	268620.5	0.19	SO <sup>18</sup> O	269455.1	0.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	270123.8	0.14	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
267844.5	0.12	U	268622.5	0.19	HCOOD			U			DCCCN
267846.5	0.15	U	268626.4	0.10	U	269463.8	0.54	U	270128.8	0.23	CH <sub>3</sub> CHO
267848.5	0.14	U	268636.5	2.70	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	269476.3	0.22	U			HCOOCH <sub>3</sub>
267859.5	0.89	U	268641.4	1.47	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	269483.9	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	270136.3	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>
267861.5	0.91	U	268653.5	0.12	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	270146.3	0.13	CH <sub>3</sub> CHO
267865.5	0.82	<sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	268655.5	0.13	U			HCOOCH <sub>3</sub>	270175.1	2.02	HCOOCH <sub>3</sub>
267872.5	1.74	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	268661.5	0.05	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			CH <sub>3</sub> OD			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	268673.5	0.45	HCOOCH <sub>3</sub>			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CHO
267888.5	1.46	CH <sub>3</sub> OH	268678.5	0.28	U	269491.3	0.53	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	270185.1	1.83	HCOOCH <sub>3</sub>
267894.4	0.81	U	268682.4	0.13	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>			DCOOCH <sub>3</sub>	270197.6	0.48	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
267898.5	0.24	U	268691.5	0.20	HCO <sup>+</sup> $\nu_2 = 1$			U			HCOOCH <sub>3</sub>
267906.5	1.18	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN	268701.5	1.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	269502.6	1.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	270217.6	0.49	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
267915.5	0.20	U			U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>3</sub> CHO
267922.5	0.49	CH <sub>3</sub> OD	268720.5	0.16	U	269509.6	0.62	HCOOCH <sub>3</sub>	270227.6	0.40	SO <sub>2</sub>

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
270401.4	0.12	U	271071.4	0.16	CH <sub>3</sub> CHO	271748.5	0.17	U	272549.5	0.20	U
270411.4	0.82	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271080.1	0.29	CH <sub>3</sub> OD	271756.5	0.55	HCC <sup>13</sup> CN	272557.5	0.55	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270416.3	0.44	CH <sub>3</sub> CHO			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	271759.5	0.67	HCOOCH <sub>3</sub>	272567.4	0.11	U
270424.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	271764.4	0.20	U	272569.5	0.10	U
270430.1	0.46	HCOOH	271115.1	0.28	HCOOH	271766.5	0.16	U	272571.5	0.10	U
270446.4	0.49	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	271768.4	0.12	U	272573.5	0.14	U
270451.4	0.63	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271121.3	0.21	U	271772.5	0.12	U	272576.4	0.14	NH <sub>2</sub> D
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	271128.9	0.64	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271778.5	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	272578.6	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
270457.6	0.28	HCOOCH <sub>3</sub>	271137.7	0.20	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	271781.4	0.34	HCOOCH <sub>3</sub>	272588.5	0.17	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
270466.3	0.10	U	271149.5	0.13	CH <sub>2</sub> DCH <sub>2</sub> CN	271793.6	0.15	U	272590.5	0.14	U
270481.4	0.40	U			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	271795.5	0.16	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	272593.4	0.13	CCS
270503.5	1.45	HCOOCH <sub>3</sub>			U	271799.5	0.13	U	272597.5	0.13	U
270514.5	0.66	HCOOCH <sub>3</sub>	271153.8	0.18	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	271803.5	0.16	U	272601.4	0.18	U
270522.5	4.59	H <sub>2</sub> CS			U	271808.5	0.15	U	272623.5	0.12	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	271161.4	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271811.5	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	272629.5	0.78	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270542.5	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	271168.9	0.20	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271814.5	0.24	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	272640.5	0.12	U
270547.6	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271182.6	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271819.4	0.27	U	272642.5	0.12	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>	271823.5	0.13	CH <sub>3</sub> CHO	272644.5	0.14	U
270566.5	0.45	U	271206.4	0.12	U	271826.5	0.11	U	272646.5	0.13	U
270578.5	0.11	U	271225.1	0.47	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271828.5	0.11	U	272659.5	2.00	CH <sub>2</sub> CHCN
270582.5	0.38	CH <sub>3</sub> OD			CH <sub>3</sub> OH	271830.5	0.12	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$
270591.5	0.09	<sup>17</sup> OCS			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	271835.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	272675.4	0.10	U
270596.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	271230.1	0.98	HCOOCH <sub>3</sub>	271838.4	0.11	U	272699.5	0.41	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271241.4	1.49	HCOOCH <sub>3</sub>	271842.5	0.12	U	272705.5	0.29	U
270608.5	0.24	U	271255.1	0.90	HCOOCH <sub>3</sub>	271846.5	0.31	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	272711.5	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270613.5	0.11	U	271262.6	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	272714.5	0.21	U
270619.9	0.61	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			HNC <sup>18</sup> O	271855.5	0.11	U	272718.5	0.14	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
270631.5	0.22	U	271268.9	0.11	U	271865.5	0.46	CH <sub>3</sub> OD	272720.5	0.13	U
270633.5	0.22	U	271272.6	0.11	U	271871.5	0.48	U	272733.4	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270638.5	0.35	U	271277.6	0.14	H <sup>+</sup> 4d <sub>5</sub>	271880.5	0.15	O <sup>13</sup> C <sup>34</sup> S	272737.4	0.22	U
270643.5	0.21	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	271884.5	0.16	U	272739.5	0.23	U
270652.5	0.17	U	271287.7	0.14	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	271888.5	0.50	U	272741.5	0.23	U
270654.5	0.18	U			CCS	271893.5	0.15	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	272743.5	0.22	U
270657.5	0.18	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> C <sup>18</sup> O	271302.6	0.11	U	271895.4	0.11	U	272747.5	0.75	U
270659.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	271306.4	0.14	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	271901.5	0.11	U	272752.5	0.73	<sup>13</sup> C <sup>34</sup> S
270663.5	0.18	CH <sub>2</sub> CD <sub>2</sub> CN	271311.3	0.13	U	271903.5	0.13	U	272765.5	0.33	U
270665.5	0.16	CH <sub>2</sub> CD <sub>2</sub> CN	271315.1	0.11	U	271905.5	0.14	U	272769.5	0.20	U
270671.5	0.10	U	271322.6	0.13	U	271911.5	0.23	U	272775.9	0.38	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
270685.5	1.41	HCOOCH <sub>3</sub>	271328.9	0.18	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	271916.4	0.37	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	272783.5	0.13	U
270704.5	0.90	HCOOCH <sub>3</sub>			SO <sup>18</sup> O			U	272788.5	0.13	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
270720.5	0.11	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271332.7	0.21	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271928.5	0.72	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	272794.5	0.13	U
270724.5	0.13	U	271337.6	0.14	U			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	272798.6	0.14	U
270726.5	0.14	U	271341.4	0.22	U	271934.6	0.89	CH <sub>3</sub> OH	272801.4	0.17	U
270731.5	0.23	U	271350.1	0.22	U	271960.5	0.93	U	272809.5	0.11	U
270735.6	0.54	U	271353.9	0.13	U	271972.0	3.12	HNC	272814.5	0.40	CH <sub>3</sub> OH
270739.5	0.41	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271357.6	0.16	U	271981.5	12.2	HNC	272816.5	0.44	U
			271363.8	0.16	U	272022.6	1.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	272821.5	0.48	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
270741.5	0.37	U	271367.7	0.12	U	272028.5	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
270750.5	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271385.1	0.12	U	272033.9	0.42	U	272827.9	0.39	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
270752.5	0.23	U	271390.1	0.17	U	272046.4	4.88	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	272832.5	0.37	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
270757.4	0.15	U	271402.6	0.88	U	272066.4	0.20	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	272836.5	0.36	<sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
270763.5	0.33	U	271413.9	1.19	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	272071.4	0.22	H <sub>2</sub> C <sup>33</sup> S	272840.5	0.51	U
270768.5	0.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271431.4	0.60	U	272076.3	0.22	CH <sub>3</sub> OD	272842.5	0.62	<sup>34</sup> SHD
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271440.1	0.17	U	272081.4	0.26	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
		<sup>33</sup> S <sup>18</sup> O	271443.9	0.16	U	272096.4	0.27	CH <sub>3</sub> OD	272851.4	2.03	OC <sup>34</sup> S
270776.4	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$	271447.6	0.30	U	272098.9	0.38	U	272867.5	1.29	HCOOCH <sub>3</sub>
		g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	271452.6	0.13	U	272125.1	0.23	CH <sub>3</sub> OD			g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
270780.5	0.34	U	271460.1	0.18	CH <sub>3</sub> OH	272133.9	0.44	CH <sub>3</sub> OD	272889.5	11.1	HCCCN
270785.5	0.50	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	271470.2	0.56	U	272140.1	0.22	CH <sub>3</sub> OD	272917.5	0.15	U
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271475.1	0.24	U	272152.6	0.40	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	272923.5	0.56	CH <sub>3</sub> OD
270788.4	0.46	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	271481.4	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> OD	272933.5	0.15	U
270792.5	0.23	U	271486.4	0.20	U	272160.1	0.18	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	272937.4	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>
270795.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	271520.5	7.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	272191.4	0.33	U	272939.5	0.14	U
270802.5	0.11	U			SO <sub>2</sub>	272203.9	0.78	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	272946.5	0.13	U
270808.5	0.30	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	271530.5	11.4	SO <sub>2</sub>			CH <sub>3</sub> OD	272961.5	0.17	DCOOCH <sub>3</sub>
		g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	271533.5	11.0	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	272212.6	0.20	U			U
270814.5	1.00	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13}$ / $\nu_{21}$			HCOOCH <sub>3</sub>	272223.9	0.34	U	272971.5	0.13	U
		HCOOCH <sub>3</sub>	271545.5	5.00	HCOOCH <sub>3</sub>	272230.1	0.51	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	272973.5	0.11	U
270859.5	0.31	SO <sup>17</sup> O	271564.5	1.47	CH <sub>3</sub> OH $\nu_t = 1$	272235.5	2.05	SO <sup>18</sup> O	272975.5	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>
		(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	271576.4	0.36	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH			U
270864.5	0.14	U	271581.5	0.28	U			SO <sup>17</sup> O	272992.6	0.37	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
270867.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	271588.4	0.25	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	272237.5	2.10	SIS			HCOOCH <sub>3</sub>
270879.5	0.55	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			U	272256.4	2.42	HCOOCH <sub>3</sub>	272995.5	0.42	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270884.5	0.58	HCOOCH <sub>3</sub>	271596.5	0.15	U	272275.1	2.46	HCOOCH <sub>3</sub>			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
270888.5	0.16	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	271599.5	0.16	U	272280.1	2.06	HCOOCH <sub>3</sub>	273003.9	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
270890.5	0.11	U	271601.5	0.14	U	272301.3	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	273008.8	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
270901.5	0.11	U	271606.5	0.20	SO <sup>17</sup> O	272308.8	0.33	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	273022.0	0.38	U
270906.4	0.18	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O			HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	272317.6	0.22	U	273027.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
270911.5	0.27	U	271608.5	0.23	CCCS	272323.9	0.23	U	273032.6	0.29	g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
270916.5	1.00	HCOOCH <sub>3</sub>	271612.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	272330.1	0.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	273038.3	0.14	HCOOCH <sub>3</sub>
270923.5	1.40	HCOOCH <sub>3</sub>	271620.5	0.11	U			CH <sub>3</sub> OD	273041.4	0.11	U
270940.5	0.88	HCOOCH <sub>3</sub>	271633.5	0.12	U	272357.6	1.86	CH <sub>3</sub> OH	273046.4	0.15	U
270947.5	0.14	U	271642.6	0.12	U			CH <sub>3</sub> OD	273050.1	0.22	U
270958.5	0.17	HCOOCH <sub>3</sub>	271644.5	0.11	U	272372.6	0.43	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN			

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm												
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	
273181.4	1.04	HCOOCH <sub>3</sub>	273844.4	0.27	U	274574.5	0.18	U	275242.6	9.71	SO <sub>2</sub>	
273191.4	0.10	HCOOCH <sub>3</sub>	273848.5	0.41	U	274579.5	0.48	H <sub>2</sub> CS	275270.1	0.38	HCOOCH <sub>3</sub>	
273205.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	273851.5	0.39	U	274585.5	0.14	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN	275277.6	0.30	CH <sub>3</sub> CN	
273210.2	0.13	U	273854.6	0.47	U	274587.4	0.15	U	275283.9	0.17	SO <sup>18</sup> O	
273216.5	0.14	SO <sup>18</sup> O	273861.5	0.64	S <sup>18</sup> O	274595.5	0.14	U	275288.3	0.18	U	
273222.6	0.10	<sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	274601.5	0.08	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN	275292.6	0.19	U	
273226.4	0.11	U	273863.4	0.60	U	274607.4	0.25	U	275296.4	0.17	DC <sup>18</sup> O <sup>+</sup>	
273236.3	0.19	g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	273866.6	0.54	U	274609.5	0.24	U	275302.6	0.13	U	
273280.1	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	273871.6	1.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	274613.5	0.57	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$	275307.6	0.15	U	
273286.5	0.20	U			CH <sub>3</sub> OD	274627.5	0.59	CH <sub>3</sub> CHO	275312.7	0.15	U	
273293.9	0.16	CH <sub>3</sub> CCH	273886.5	0.14	U	274630.5	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	275316.4	0.19	U	
273298.9	0.11	U	273891.5	0.14	U	274640.5	0.19	U	275327.7	0.10	U	
273308.9	0.20	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	273893.5	0.13	U	274661.5	0.48	H <sub>2</sub> CS	275331.4	0.17	U	
		CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH	273895.5	0.15	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	274668.5	0.13	U	275338.9	0.11	U	
273316.3	0.19	CH <sub>3</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	273903.5	0.16	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	274671.5	0.10	U	275362.7	0.17	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	
273320.1	0.20	HDCS	273905.5	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	274674.5	0.11	U	275382.7	2.59	SO <sub>2</sub>	
273336.4	0.56	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	274680.5	0.58	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 2$			CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
273345.1	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	273908.5	0.12	g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	274687.5	0.20	U	275405.2	1.47	CH <sub>2</sub> CHCN	
273357.6	0.31	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	273911.5	0.15	U	274689.5	0.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	275417.6	0.25	DCOOCH <sub>3</sub>	
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	273914.5	0.15	U	274695.5	0.13	U	275425.2	0.17	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	
		HCOOCH <sub>3</sub>	273918.5	0.19	U	274704.5	1.19	H <sub>2</sub> CS	275429.5	0.20	SO <sup>17</sup> O	
273372.6	0.98	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	273920.5	0.11	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_6 = 1^+$	274711.5	0.16	U	275441.4	0.89	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	
		CH <sub>3</sub> CCH	273931.5	0.43	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	274715.5	0.33	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>2</sub> CHCN	
273377.6	0.83	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	273935.5	0.47	U	274718.4	0.19	U	275448.3	1.06	CH <sub>2</sub> CHCN	
273385.1	0.34	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	273939.5	0.51	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7 = 1^-$	274724.4	0.19	U	275470.2	0.12	U	
273390.1	0.19	U	273948.5	2.10	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	274734.5	2.36	H <sub>2</sub> CS	275476.3	0.24	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
273393.9	0.15	SO <sup>17</sup> O	273960.5	0.36	U	274743.5	0.37	U	275488.9	1.27	CH <sub>3</sub> CN	
		<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	273963.5	0.27	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	274750.5	0.17	U	275498.9	0.76	CH <sub>2</sub> CHCN	
273398.9	0.60	CH <sub>3</sub> CCH	273970.5	0.14	U	274752.6	0.22	U	275511.5	0.51	CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11} = 1$	
273408.9	0.20	U	273974.5	0.18	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 + \nu_7$	274754.5	0.25	U	275517.6	0.23	HCOOCH <sub>3</sub>	
273415.1	0.83	CH <sub>3</sub> CCH	273981.5	0.51	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	274762.5	3.25	H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO	275523.5	0.36	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273420.1	0.93	CH <sub>3</sub> CCH			SO <sub>2</sub>	274768.5	1.05	H <sub>2</sub> C <sup>17</sup> O			CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15} = 1$	
		c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	273988.5	0.23	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	275535.6	0.91	CH <sub>2</sub> CHCN	
273430.1	0.10	U	273992.6	0.17	HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 2$	274780.5	0.36	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	275542.5	0.28	U	
273435.1	0.18	U	274003.9	0.66	NH <sub>2</sub> CHO	274786.5	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	275546.5	0.11	U	
273440.1	0.22	U	274014.9	0.19	U	274791.5	0.27	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	275548.5	0.11	U	
273466.4	3.12	SO <sub>2</sub>	274022.6	0.17	CH <sub>3</sub> OH	274795.5	0.18	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$	275578.5	2.10	CH <sub>2</sub> CHCN / CH <sub>3</sub> CN	
273485.1	0.25	U	274031.3	0.09	U	274799.5	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	275591.5	1.56	CH <sub>2</sub> CHCN	
273492.6	0.32	U	274067.6	0.30	H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273498.8	0.64	CH <sub>3</sub> OH	274071.4	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	274803.5	0.13	U			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	
273507.5	0.20	U	274086.4	0.15	HCOOCH <sub>3</sub>	274817.5	1.22	HCOOCH <sub>3</sub>	275606.5	0.13	U	
273528.6	0.24	SO <sup>18</sup> O	274092.6	0.15	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	275608.5	0.12	U	
273544.5	0.55	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	274105.1	0.20	U	274837.5	0.54	HCOOCH <sub>3</sub>	275623.5	0.13	U	
		g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	274121.4	0.10	U	274841.5	1.30	HCOOCH <sub>3</sub>	275630.5	0.11	U	
273549.5	0.72	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	274127.5	0.12	U	274859.5	0.52	HCOOCH <sub>3</sub>	275637.5	0.11	U	
		HC <sub>3</sub> N $\nu_6 = 1$	274131.4	0.12	U	274864.5	0.12	U	275640.6	0.11	U	
273557.5	2.04	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 1$	274152.6	2.28	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	274874.5	0.51	HCOOCH <sub>3</sub>	275643.5	0.14	H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	
273576.5	0.11	U	274197.7	2.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	274876.4	0.37	CH <sub>3</sub> CHO	275649.5	0.51	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273584.5	0.17	U	274220.1	0.14	U	274881.5	0.13	U	275658.5	2.38	CH <sub>3</sub> CN	
273590.5	0.11	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH	274222.7	0.12	U	274897.5	0.27	CH <sub>3</sub> CHO			CH <sub>3</sub> OH	
273594.5	0.10	U	274248.9	0.11	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	274901.4	0.15	U			CH <sub>2</sub> CHCN	
273598.4	0.33	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			U	274929.5	0.13	U	275674.5	0.14	DCOOCH <sub>3</sub>	
273605.5	0.16	HCOOCH <sub>3</sub>	274252.6	0.14	U	274932.5	0.14	U	275688.5	0.12	CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	
273607.5	0.15	U	274256.3	0.10	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	274934.5	0.09	DCOOCH <sub>3</sub>			c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	
273611.5	0.10	U	274263.8	0.15	HC <sub>3</sub> N $\nu_7 + \nu_6$	274937.5	0.13	U	275690.5	0.13	U	
273613.5	0.16	U	274267.6	0.10	U	274940.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	275696.5	0.45	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273615.5	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	274272.6	0.17	U	274948.5	0.26	U	275701.5	0.41	HCOOH	
273618.5	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	274280.2	1.10	HCOOCH <sub>3</sub>	274954.5	1.23	H <sub>2</sub> CS	275709.5	0.14	U	
273624.5	0.17	U	274286.4	1.19	HCOOCH <sub>3</sub>	274958.5	0.58	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	275727.5	4.23	CH <sub>3</sub> CN	
273628.5	0.17	U	274300.1	0.17	U	274966.5	0.20	HCOOH			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273632.5	0.14	U	274303.9	0.12	U	274969.5	0.27	U	275741.5	0.96	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	
273636.5	0.12	U	274311.4	0.10	U	274973.5	0.21	U			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
273638.5	0.13	U	274316.3	0.10	U	274979.5	0.76	CH <sub>2</sub> CHCN	275749.5	0.25	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
273645.5	0.10	U	274326.3	0.13	U	275000.1	0.21	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	275752.5	0.19	U	
273649.5	0.14	U	274330.1	0.13	U	275008.9	1.25	HCOOCH <sub>3</sub>	275759.5	0.87	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273654.5	0.55	U	274336.4	0.15	U	275026.3	1.26	HCOOCH <sub>3</sub>	275768.4	0.79	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	
273661.5	0.10	U	274351.3	0.11	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 2$	275036.4	0.22	U	275785.5	3.96	CH <sub>2</sub> CHCN	
273664.5	0.24	U	274368.9	0.65	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	275043.2	0.26	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O			CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	
273667.5	0.14	U	274375.1	0.44	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	275048.9	0.26	U			CH <sub>3</sub> CN	
273672.5	0.10	U	274387.5	0.12	HC <sub>3</sub> N $2\nu_7 + \nu_5$	275058.9	0.31	SO <sup>17</sup> O	275795.5	1.30	CH <sub>2</sub> CHCN	
273674.5	0.10	U	274396.4	0.26	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN			HC <sub>3</sub> N $\nu_7 = 3$	275804.6	0.42	U	
273680.5	0.40	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	274401.3	0.20	U			DCOOCH <sub>3</sub>	275810.6	0.32	U	
273685.5	0.17	U	274403.9	0.23	U	275062.6	0.26	U	275813.5	0.16	U	
273687.4	0.16	U	274410.2	0.18	U	275066.4	0.18	DCOOCH <sub>3</sub>	275833.5	4.84	CH <sub>3</sub> CN	
273695.5	0.10	U	274431.4	0.11	U			U			CH <sub>3</sub> CN $\nu_8 = 1$	
273698.5	0.14	U	274435.1	0.13	U	275071.3	0.13	U	275869.5	7.35	CH <sub>3</sub> CN	
273701.5	0.15	U	274451.3	0.11	HCOOCH <sub>3</sub>	275075.1	0.13	U	275884.5	1.38	U	
273706.5	0.19	HCOOCH <sub>3</sub>	274453.9	0.11	HCCC <sup>15</sup> N $\nu_7 = 1$	275077.6	0.10	U	275895.5	6.34	CH <sub>3</sub> CN	
273709.6	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>			CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN	275081.4	0.12	DCOOCH <sub>3</sub>	275915.5	8.88	CH <sub>3</sub> CN	
273712.5	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>	274457.7	0.19	DCOOCH <sub>3</sub>			U	275939.5	0.10	U	
273714.5	0.17	H <sup>13</sup> CCCN $\nu_6 = 1$			U	275083.8	0.13	U	275942.5	0.13	U	
273717.0	0.18	U	274462.6	0.20	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$			CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN				



Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm											
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A^*$ obs. (K)	Especies
276028.9	0.11	U	276660.5	0.16	U	277255.1	0.34	$g^+-CH_3CH_2OH$	277899.6	0.49	U
276035.0	0.10	U	276662.5	0.14	U	277261.3	0.23	$NH_2CHO \nu_{12} = 1$	277910.5	1.75	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276055.1	1.31	$NH_2CHO$	276666.5	0.13	U	277266.4	0.25	$CH_2CHCN \nu_{15} = 1$	277923.5	1.80	$CH_3CH_2CN$
276061.3	0.23	$D_2CO$	276673.5	0.90	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277302.6	0.21	U			$g^+-CH_3CH_2OH$
276073.9	1.12	$CH_3OD$	276689.5	1.68	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277305.1	0.20	$CH_3^{13}CH_2CN$	277933.5	0.42	U
276077.5	0.48	$CH_3CH_2CN$	276701.4	0.24	U	277312.6	0.10	U	277939.5	0.83	$H^{13}COOCH_3$
		$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276713.5	2.45	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277318.9	0.20	U			U
276088.2	0.27	U			$CH_3OH \nu_t = 1$	277327.6	0.11	U	277949.5	0.16	U
276096.4	0.25	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	276728.5	0.19	U	277331.4	0.16	$HCOOCH_3$	277951.5	0.24	U
276103.8	0.32	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	276731.5	0.31	$H^{13}COOCH_3$	277347.6	0.40	$CH_3^{13}CH_2CN$	277953.5	0.27	U
		U			U				277958.5	0.67	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276113.9	0.75	$CH_3CH_2CN$	276742.5	1.57	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277356.4	0.41	U			$c-C_3H_2$
		$CH_3CN \nu_8 = 1$	276753.5	5.55	$CH_3CH_2CN$	277358.9	0.42	U	277979.6	0.89	$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$
276121.3	0.38	U			$CH_2CHCN$	277366.3	0.57	$SO^{17}O$			$CH_2CHCN \nu_{11} = 2$
276123.9	0.32	$CH_2CHCN \nu_{15} = 1$			$CH_3OD$			$g^+-CH_3CH_2OH$			$g^+-g^+-CH_3CH_2OH$
		$CH_3OCH_3$	276770.5	1.43	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277376.3	0.62	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	277987.5	0.66	U
276152.6	0.11	U	276780.5	0.19	$H_2C_3$	277381.4	1.19	$t-CH_3CH_2OH$	277993.9	1.92	$CH_3CH_2CN$
276158.8	0.33	$CH_2CHCN$	276782.5	0.15	$HC_3N$	277400.1	0.18	U	278011.4	5.09	$CH_3CH_2CN$
		$H^{15}NCO$	276786.5	0.18	$g^+-CH_3CH_2OH$	277405.3	0.11	$HCOO^{13}CH_3$			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276166.3	0.40	$OC^{33}S$	276790.5	0.16	U	277415.1	0.48	$HCOOCH_3$	278028.5	0.49	$CH_3CH_2CN$
276172.6	0.81	$NH_2CHO$	276793.5	0.12	U			$^{13}CH_2CHCN$	278038.8	0.69	$^{13}CH_2CHCN$
		$CH_2CHCN \nu_{15} = 1$	276796.5	0.16	$CH_3OCH_3$			$g^+-CH_3CH_2OH$			$g^+-CH_3CH_2OH$
276195.1	0.46	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276798.5	0.13	U	277421.3	0.30	$^{13}CH_2CHCN$	278051.4	0.16	U
276201.4	0.47	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276802.5	0.57	$CH_3OCH_3$			$CH_3CH_2CN$	278053.5	0.28	$HCOO^{13}CH_3$
276203.9	0.51	$CH_3CN \nu_8 = 1$	276807.4	0.37	$CH_3OCH_3$			$HCOO^{13}CH_3$	278058.9	0.56	U
		$NH_2CHO \nu_{12} = 1$			$CH_3CH_2^{13}CN$	277428.8	0.50	$CH_3CH_2CN$	278062.6	0.84	$HCOOCH_3$
276217.6	0.37	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276813.5	0.23	$g^+-CH_3CH_2OH$			$HCOO^{13}CH_3$	278071.4	2.28	$CH_3CH_2CN$
		$^{34}S^{18}O$	276817.5	0.49	$g^+-CH_3CH_2OH$	277457.0	4.07	$^{13}CS$			$g^+-CH_3CH_2OH$
276235.1	0.13	$c-C_2H_4O$	276822.5	0.11	U			$HCOOCH_3$	278075.1	1.60	U
276251.3	0.24	U	276824.5	0.13	U			$CH_2DCN$	278091.3	0.80	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276257.6	0.70	$SO_2$	276847.5	0.11	U	277471.3	0.57	$CH_2CHCN \nu_{11} = 2$	278096.3	1.10	$HCOOCH_3$
276261.4	0.70	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276849.5	0.10	U			$^{34}SO_2$			$(CH_3)_2CO$
276268.8	0.30	U	276851.5	0.11	$H_2C_3$			$H^{13}COOCH_3$			$^{13}CH_3OH$
276277.6	0.12	$SO^{18}O$	276861.5	0.39	$^{13}CH_3CH_2CN$	277480.1	0.32	U	278110.1	0.12	U
276288.9	0.10	U			$g^+-CH_3CH_2OH$	277490.1	0.17	U	278118.9	1.14	$(CH_3)_2CO$
276301.3	0.98	U			$SO_2$	277495.1	0.06	U	278128.8	0.45	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276306.4	0.75	$CH_3CN \nu_8 = 1$	276864.5	0.12	U	277503.5	0.56	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	278135.1	1.20	$HCOOCH_3$
		$CH_2CHCN \nu_{15} = 1$	276868.5	0.32	U	277516.5	1.55	$NH_2CHO$	278138.9	0.89	$(CH_3)_2CO$
276318.9	0.25	U	276870.5	0.36	$H^{13}COOCH_3$	277525.5	1.25	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	278147.5	0.51	$H_2C^{18}O$
276331.4	0.90	$CH_3CN \nu_8 = 1$	276875.4	0.46	$^{13}CH_3CH_2CN$			$CH_3OCH_3$	278158.9	1.20	$CH_3CH_2CN$
		$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$			$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	277537.4	0.31	$CH_2DCN$	278170.1	1.50	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276338.8	0.76	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276878.5	0.37	$H^{13}COOCH_3$	277541.5	0.39	$CH_3OCH_3$			U
276345.1	0.15	$H_2^{18}OCO$			$HCOOCH_3$	277549.5	0.84	$CH_3CH_2CN$	278180.1	0.68	$CH_3CH_2CN$
276350.1	0.28	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	276883.5	0.14	U			$g^+-CH_3CH_2OH$	278187.6	0.85	$CH_3OH$
		$HC_3N \nu_7 = 4$	276885.5	0.14	U	277565.5	0.84	$H_2C^{18}O$	278196.4	1.01	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276353.9	0.09	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	276895.5	0.38	U	277576.5	0.80	$g^+-CH_3CH_2OH$	278203.9	1.07	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276360.1	0.16	$HCOO^{13}CH_3$	276901.4	0.12	U	277581.5	0.37	U	278208.9	0.70	U
276377.6	0.13	U	276916.6	0.12	U	277583.5	0.46	U	278215.1	1.51	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276382.6	0.39	$^{13}CH_3CH_2CN$	276918.4	0.12	U	277586.5	0.51	U	278222.6	2.24	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276392.0	0.15	U	276926.5	0.19	$CH_3OH$	277589.5	0.37	U	278230.0	1.01	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276402.6	1.51	$CH_3CN \nu_8 = 1$	276930.5	0.44	$HCOOH$	277592.5	0.31	$^{13}CH_2CHCN$	278240.0	1.65	U
		$NH_2CHO$	276936.6	0.17	$g^+-CH_3CH_2OH$	277598.5	0.27	U	278243.9	1.64	U
		$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276939.5	0.12	U	277603.5	0.36	$^{13}CH_2CHCN$	278255.1	7.82	$CH_3CH_2CN$
276416.3	0.72	$CH_2CHCN \nu_{11} = 1$	276941.5	0.11	U	277608.5	0.47	$CH_2DCN$			$SO_2$
		$CH_3CN \nu_8 = 1$	276948.5	0.15	$HCOO^{13}CH_3$	277610.5	0.44	U	278270.2	5.10	$CH_3CH_2CN$
276427.6	0.21	U	276952.5	0.24	U	277615.6	0.30	U			$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276431.3	0.26	U	276960.5	0.66	$HCOO^{13}CH_3$	277622.5	0.17	U	278305.1	11.4	$CH_3OH$
276438.8	0.55	$NH_2CHO$			$(CH_3)_2CO$	277646.5	1.09	$CH_3OCH_3$	278326.4	0.46	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
		$HCOOCH_3$	276973.5	0.62	$CH_3^{13}CH_2CN$	277649.5	2.05	$CH_3OCH_3$	278343.9	4.78	$CH_3OH$
276448.9	0.22	$CH_3^{13}CH_2CN$			$HCOO^{13}CH_3$	277653.5	1.10	$CH_3OCH_3$	278353.9	0.80	$CH_3CH_2CN$
		$DCOOCH_3$			$H^{15}NCO$	277661.5	0.14	U	278368.9	1.50	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276455.1	0.24	$g^+-CH_3CH_2OH$	276975.5	0.40	U	277669.5	0.56	$CH_2DCN$	278380.2	0.27	U
276461.4	0.21	$DCOOCH_3$	276978.5	0.29	$g^+-g^+-CH_3CH_2OH$			$HCOOCH_3$	278391.3	1.67	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
		U	276980.5	0.23	U	277676.4	0.36	$H_2C^{18}O$	278408.8	2.64	$CH_3OCH_3$
276465.7	0.26	$CH_3^{13}CH_2CN$	276993.9	1.54	$(CH_3)_2CO$	277678.6	0.25	$H_2C^{18}O$	278422.6	0.18	U
		$CH_2CHCN$	277001.3	1.61	$^{34}SO_2$	277682.5	0.22	U	278455.1	1.30	$CH_3CH_2CN$
276471.4	0.15	$(CH_3)_2CO$	277003.9	1.60	U	277690.5	0.14	U			$g^+-CH_3CH_2OH$
		$^{33}SO_2$	277015.2	2.35	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277697.5	0.20	U	278463.8	1.32	$CH_3CH_2CN$
276482.6	1.61	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277027.6	0.41	$(CH_3)_2CO$	277701.5	0.29	$g^+-CH_3CH_2OH$			$CH_3CH_2CN \nu_{20} = 1$
		$^{34}SO_2$	277038.8	0.14	$CH_3OCH_3$	277704.5	0.19	U			$t-CH_3CH_2OH$
276497.6	0.33	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277043.9	0.22	$CH_3OCH_3$	277719.5	0.53	$CH_2DCN$	278472.6	0.29	U
		$HCOOCH_3$			$DCOOCH_3$	277722.5	0.43	U	278481.4	2.48	$CH_3OH$
276506.5	1.25	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	277055.1	0.41	$g^+-CH_3CH_2OH$	277725.5	0.69	$CH_2DCN$	278496.4	1.65	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
		$CH_3CH_2CN$	277068.9	1.27	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$	277734.5	1.90	$CH_3OCH_3$	278533.5	0.58	$^{34}S^{17}O$
276517.5	0.18	$CH_3OCH_3$			$H_2C^{18}O$			$g^+-CH_3CH_2OH$			$CH_3CH_2C^{15}N$
276522.5	0.14	$CH_3OCH_3$	277076.3	0.66	$g^+-CH_3CH_2OH$			$HCOOCH_3$	278547.5	0.95	$HCOOCH_3$
276530.5	0.15	$CH_3OD$	277086.3	0.26	$g^+-CH_3CH_2OH$	277746.5	1.85	$HCOOCH_3$			$CH_3CH_2CN$
		$CH_3OCH_3$			$H^{15}NCO$	277765.6	6.23	$CH_3CH_2CN$	278558.5	0.48	$DCCCN$
276536.5	0.17	$(CH_3)_2CO$	277092.6	0.15	U			$CH_2DCN$	278575.5	1.34	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
		$CH_3OD$	277097.6	0.21	$g^+-CH_3CH_2OH$	277781.5	3.33	$CH_3CH_2CN$			$CH_3CH_2CN$
276547.6	0.89	$CH_3CN \nu_8 = 1$			$H^{13}COOCH_3$	277793.5	2.59	$CH_2DCN$	278578.5	1.71	$CH_3CH_2CN \nu_{13} / \nu_{21}$
276558.0	0.68	$NH_2CHO$	277102.7	0.19	U	277799.5	4.77	$CH_3CH_2CN$	278587.4	0.35	$CH_3CH_2C^{15}N$
		$t-CH_3CH_2OH$	277107.6	0.19	U			$CH_2DCN$			$g^+-g^+-CH_3CH_2OH$
276566.6	0.68	$CH_3CN \nu_8 = 1$	277116.4	0.34	$HCOOCH_3$	277809.5	0.97	U	278590.5	0.26	U
276571.5	0.30	$(CH_3)_2CO$			$g^+-CH_3CH_2OH$	277816.5	3.38	$CH_3CH_2CN$	278601.4	4.29	$CH_3OH$
276588.5	0.10	$^{13}CH_3OH$	2771								

Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm								
Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies	Frecuencia obs. (MHz)	$T_A$ obs. (K)	Especies
278703.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	279382.6	0.11	U	280080.1	0.18	<sup>30</sup> SiS
278714.5	1.43	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	279385.1	0.11	U	280088.8	0.13	U
278724.5	2.08	CH <sub>3</sub> OH	279391.4	0.30	U	280096.3	0.13	U
278749.5	0.20	U	279397.6	0.23	U	280101.3	0.13	HCOOCH <sub>3</sub>
278752.5	0.27	U	279400.1	0.25	U	280107.6	0.10	U
278757.4	0.59	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	279425.1	2.65	HSC	280116.3	0.10	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
		$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	279433.8	3.95	<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	280128.9	0.19	HSC
278763.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	280137.6	1.14	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN
278776.5	1.25	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	279463.9	0.24	HCOOH c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	280143.9	0.72	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN HNCO
278787.5	0.95	O <sup>13</sup> CS	279471.4	0.25	HSC	280148.9	1.44	HCOOCH <sub>3</sub>
278790.5	0.49	U	279481.4	0.19	U	280158.8	1.41	HCOOCH <sub>3</sub>
278800.5	0.16	HDCS	279486.4	0.32	U	280171.5	0.32	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
278805.5	0.13	U	279492.6	0.29	HSC	280177.6	0.27	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>
278809.5	0.33	U	279496.3	0.38	U	280186.4	1.31	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> H <sup>18</sup> OD
278816.5	0.11	U	279500.1	0.32	U	280190.1	1.78	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
278824.5	0.68	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	279505.5	0.21	U	280193.8	1.31	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
278834.5	0.56	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$	279511.5	0.95	NNH <sup>+</sup>	280197.6	1.07	H <sub>2</sub> CCO
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	279518.5	0.48	U	280206.4	0.23	H <sub>2</sub> C <sup>13</sup> CO
278844.5	1.34	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	279522.5	0.30	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	280208.9	0.21	U
278851.5	0.49	SO <sub>2</sub> $\nu_2 = 1$	279524.5	0.44	U	280212.6	0.15	U
		t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	279532.4	0.26	U	280218.9	0.10	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
		OCS $\nu_3 = 1$	279537.6	0.18	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	280223.9	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
278855.5	0.40	U	279542.6	0.21	c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub>	280227.7	0.12	U
278869.5	4.76	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	279551.5	0.23	U	280243.9	0.27	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN HCOOCH <sub>3</sub>
278888.5	6.20	H <sub>2</sub> CS	279554.6	0.28	U	280246.4	0.21	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
278907.5	2.22	HCOOCH <sub>3</sub>	279559.5	0.07	HDCS	280255.2	0.01	CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN DCOOCH <sub>3</sub>
278916.5	2.09	HCOOCH <sub>3</sub>	279561.6	0.21	U	280266.4	0.12	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
278922.5	1.39	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	279566.5	0.42	U	280270.5	0.21	DCOOCH <sub>3</sub>
278925.5	1.36	CH <sub>3</sub> CHO	279569.5	1.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	280276.3	0.15	U
278933.5	0.30	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ HCOOCH <sub>3</sub>	279573.5	0.29	U	280282.6	0.16	U
278940.5	0.67	CH <sub>3</sub> CHO	279576.5	0.25	U	280285.1	0.15	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
278942.5	0.34	HDCS	279579.5	0.23	H <sup>13</sup> C <sup>13</sup> CN	280287.5	0.16	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
278944.4	0.56	U	279588.5	0.25	U	280292.6	0.18	U
278953.5	0.24	U	279590.5	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>	280300.1	0.13	U
278958.5	0.59	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	279602.5	0.24	U	280305.2	0.16	U
		H <sup>18</sup> OD	279604.5	0.24	U	280308.9	0.15	U
278960.5	0.49	U	279610.5	0.21	U	280318.9	0.38	OCS $\nu_2 = 1$
278962.5	0.47	U	279613.5	0.24	CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN	280322.6	0.15	U
278967.5	1.49	CH <sub>3</sub> OH	279616.6	0.22	U	280325.1	0.13	U
278976.4	1.02	S <sup>18</sup> O	279632.5	0.21	U	280328.8	0.10	U
278985.5	0.45	U	279636.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	280331.4	0.12	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
278991.4	0.21	HCOOCH <sub>3</sub>	279640.5	0.22	U	280338.8	0.12	U
278994.5	0.27	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	279647.5	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	280342.6	0.11	H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
278996.4	0.17	U	279653.5	0.23	U	280345.1	0.11	U
279002.7	0.54	CH <sub>2</sub> DCN	279659.5	0.89	HCOOCH <sub>3</sub>	280351.3	0.11	U
279013.4	0.29	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> HCOOCH <sub>3</sub> DCOOCH <sub>3</sub>	279664.5	2.74	HCOOCH <sub>3</sub>	280360.1	0.11	U
		CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N	279669.5	3.48	HCOOCH <sub>3</sub>	280368.9	0.11	U
279022.6	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N HDCS	279673.5	3.19	HCOOCH <sub>3</sub>	280378.9	0.11	U
279024.5	0.42	U	279678.9	1.96	HCOOCH <sub>3</sub>	280395.1	0.27	HCOOCH <sub>3</sub>
279025.5	0.25	HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub>	279686.5	13.6	OCS	280400.1	0.31	U
279027.6	0.23	HDCS	279706.5	0.33	U	280412.6	2.09	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$
279033.5	0.39	DCOOCH <sub>3</sub>	279717.5	0.13	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN			<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>
279040.1	0.49	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$	279721.5	0.22	U			t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
		<sup>33</sup> S <sup>18</sup> O	279724.5	0.31	U	280428.9	0.29	$g^+ - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
279051.4	2.27	HCOOCH <sub>3</sub>	279726.4	0.30	U	280433.9	0.15	U
279058.9	2.38	HCOOCH <sub>3</sub>	279728.5	0.36	HCOOCH <sub>3</sub>	280437.6	0.11	U
279067.6	2.99	HCOOCH <sub>3</sub>	279733.5	0.20	U	280443.9	0.12	U
279076.3	3.39	HCOOCH <sub>3</sub>	279736.4	0.22	HCOOCH <sub>3</sub>	280451.3	0.32	U
		<sup>34</sup> SO <sub>2</sub>	279739.5	0.24	U	280456.4	0.18	U
279090.1	1.75	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	279744.5	0.28	U	280462.6	0.34	CH <sub>3</sub> OD HCOOCH <sub>3</sub>
279098.9	0.49	U	279747.5	0.30	U	280467.7	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO DCOOCH <sub>3</sub>
279105.0	0.21	U	279754.5	0.26	H <sup>13</sup> OOCH <sub>3</sub>	280476.4	0.19	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
279113.8	0.18	U	279757.5	0.23	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280483.9	0.22	U
279117.6	0.20	U	279760.5	0.19	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280487.6	0.12	U
279121.4	0.25	U	279762.5	0.23	U	280491.5	0.15	U
279130.1	1.33	U	279768.5	0.24	SO <sub>2</sub>	280493.9	0.18	U
279140.1	0.26	U	279773.5	0.32	U	280498.9	0.20	U
279150.1	0.18	HCOOCH <sub>3</sub>	279776.5	0.30	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280503.5	0.12	U
279156.4	0.15	U	279781.5	0.34	U	280505.5	0.18	U
279160.1	0.18	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN	279784.5	0.25	U	280508.5	0.11	U
279167.6	0.15	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	279786.5	0.23	O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O	280514.5	0.11	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub>
279172.6	0.11	U	279792.5	0.24	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280524.5	3.17	HCOOCH <sub>3</sub>
279183.8	0.79	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub> HCOOH	279811.5	0.16	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280535.5	0.15	SO <sup>17</sup> O
		DCOOCH <sub>3</sub>	279862.5	0.17	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280541.5	0.18	U
279192.7	0.11	DCOOCH <sub>3</sub>	279869.5	0.38	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN	280560.5	4.80	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN <sup>33</sup> SO <sub>2</sub>
279202.6	0.13	DCOOCH <sub>3</sub>	279942.5	0.38	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO			(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
279213.9	0.26	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN DCOOCH <sub>3</sub>	279968.5	0.31	U	280578.5	0.21	HCOOCH <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO HCOOCH <sub>3</sub>
279231.4	0.47	U	279976.5	0.49	HCOOCH <sub>3</sub>	280587.4	0.13	U
279238.8	0.55	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	279985.5	0.28	U	280591.9	0.10	U
279245.1	0.82	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	279991.4	0.17	<sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CHCN	280595.5	0.33	HCOOCH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN
279251.3	0.56	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	279995.1	0.18	U	280602.5	0.15	U
279263.9	0.23	U	280000.1	0.31	c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	280612.5	0.14	$g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$
279274.4	0.23	U	280006.4	0.14	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	280614.5	0.14	U
279278.8	0.10	U	280012.6	0.29	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN DCOOCH <sub>3</sub>	280619.5	0.50	U
279287.7	0.59	HCOOCH <sub>3</sub>	280018.5	0.27	SO <sup>17</sup> O	280625.5	0.17	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO
279296.4	0.60	HCOOCH <sub>3</sub>	280023.9	0.20	SO <sup>17</sup> O HCOOCH <sub>3</sub>			
279310.1	0.92	U	280028.9	0.47	OCS $\nu_2 = 1$ CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
279325.1	0.41	U	280031.4	0.11	U			
279331.3	0.28	U	280035.1	0.12	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>			
279337.6	0.28	U	280040.1	0.13	U			
279353.8	5.66	CH <sub>3</sub> OH	280043.9	0.34	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO HCOOCH <sub>3</sub>			
279367.6	0.24	U	280052.6	0.12	U			
279373.9	0.22	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N $g^+ - g^- - \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	280056.4	0.14	U			
			280070.1	0.16	t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH			

Nota.- Características espectrales detectadas e identificaciones en el rango de 1.3 mm del barrido espectral de Orión KL. Para las frecuencias observadas se ha asumido una velocidad radial relativa al LSR de 9 km s<sup>-1</sup>.

## 11.2 Especies detectadas, no detectadas y esperadas

La Tabla 11.4 muestra las especies detectadas en nuestro barrido espectral (en negro) y las detectadas tentativamente (en azul). Consideramos tentativas a aquellas especies cuya emisión presenta líneas débiles y muchas de ellas se encuentran solapadas con otras moléculas.

Muchas de las especies identificadas en las tablas 11.1, 11.2 y 11.3 no se ven reflejadas en el recuento definitivo de especies detectadas. Por ejemplo, ya en el artículo de las especies que contienen  $-\text{CS}$ , mostrado en la *Parte II* de esta tesis, se considera HNCS como una molécula no detectada en nuestro barrido espectral: las características espectrales encontradas que pueden asignarse a HNCS son insuficientes para hablar de detección o incluso de detección tentativa. Sin embargo, ciertas líneas débiles sí podrían asignarse a transiciones de baja energía de esta molécula o, al menos, podría ser representativa esta emisión en la intensidad total de la línea. De este modo, hay ciertas características espectrales atribuidas a moléculas no detectadas como:  $\text{H}_2\text{CCS}$ ,  $\text{NCS}$ ,  $\text{D}_2\text{CS}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}$ ... Además, ciertas especies como  $\text{CH}_2\text{CHCHO}$  pueden estar presentes marginalmente en este barrido espectral, pero aún tenemos que estudiar el espectro que presenta esta molécula en la región para poder determinar si existe o no detección. Otras especies no incluidas en la Tabla 11.4 y que pueden mostrar algunas líneas marginales en nuestros espectros son estados vibracionales de alta energía (hasta 3 000 K) de moléculas detectadas y que presentan líneas de emisión intensas: es el caso, por ejemplo, de  $\text{CO } v = 1$  ó  $\text{HC}_3\text{N } \nu_5 = 2$ .

Existen, aproximadamente, un 20 % de líneas identificadas como U que pertenecen a especies detectas pero de las que aún no han sido buscadas todas las transiciones susceptibles de mostrar líneas de emisión en nuestros espectros; es el caso de líneas pertenecientes a la emisión de  $\text{CH}_2\text{DOH}$ ,  $\text{A/E-CH}_3^{18}\text{OH}$ ,  $\text{A/E-CH}_3\text{OH } \nu_t=2$  y  $\text{A/E-CH}_3\text{OH } \nu_t=3$ . Otro 20 % de líneas U corresponden a estados vibracionales de baja energía de moléculas detectadas. Es el caso, por ejemplo, de  $\text{HCOOCH}_3 \nu_t = 1$ ,  $\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{10} = 1$  y  $\text{CH}_2\text{CHCN } \nu_{14} = 1$ . De esta manera, estimamos que en el transcurso del próximo año podremos reducir el número de líneas U, al menos, en un 40 %.

La única especie que no aparece en las tablas de la sección anterior y está incluida en la Tabla 11.4 es  $\text{HCOOCH}_3 \nu_t = 1$ . Alicia López ha realizado la identificación de esta especie en este barrido espectral para su trabajo de máster en septiembre de 2011.

En total contamos con 44 moléculas distintas y 189 especies diferentes teniendo en cuenta las variedades isotópicas y los estados vibracionalmente excitados.

TABLA 11.4: ESPECIES DETECTADAS

Nº átomos	Especies
1 átomo	H <sup>+</sup> He <sup>+</sup>
2 átomos	CO, <sup>13</sup> CO, C <sup>18</sup> O, C <sup>17</sup> O, <sup>13</sup> C <sup>18</sup> O, <sup>13</sup> C <sup>17</sup> O SO, <sup>34</sup> SO, <sup>33</sup> SO, S <sup>18</sup> O, S <sup>17</sup> O, <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O, <sup>33</sup> S <sup>18</sup> O, <sup>34</sup> S <sup>17</sup> O, <sup>33</sup> S <sup>17</sup> O, <sup>36</sup> SO CS, C <sup>34</sup> S, <sup>13</sup> CS, C <sup>33</sup> S, <sup>13</sup> C <sup>34</sup> S, <sup>13</sup> C <sup>33</sup> S, C <sup>36</sup> S, CS $v=1$ SiO, <sup>29</sup> SiO, <sup>30</sup> SiO, <sup>18</sup> SiO, <sup>17</sup> SiO, SiO $v=1$ SiS, <sup>29</sup> SiS, SiS $v=1$ CN, <sup>13</sup> CN NS NO <sup>PO</sup> <sup>PN</sup>
3 átomos	o/p-SH <sub>2</sub> , o/p- <sup>34</sup> SH <sub>2</sub> , o/p- <sup>33</sup> SH <sub>2</sub> , SHD, <sup>34</sup> SHD SO <sub>2</sub> , <sup>34</sup> SO <sub>2</sub> , <sup>33</sup> SO <sub>2</sub> , SO <sup>18</sup> O, SO <sup>17</sup> O, O <sup>34</sup> S <sup>18</sup> O, SO <sub>2</sub> $\nu_2=1$ OCS, OC <sup>34</sup> S, O <sup>13</sup> CS, OC <sup>33</sup> S, <sup>18</sup> OCS, O <sup>13</sup> C <sup>34</sup> S, <sup>17</sup> OCS, OC <sup>36</sup> S, OCS $\nu_2=1$ , OCS $\nu_3=1$ CCS CCH, <sup>13</sup> CCH, C <sup>13</sup> CH, CCH $\nu_2=1$ HCN, H <sup>13</sup> CN, HC <sup>15</sup> N, DCN, H <sup>13</sup> C <sup>15</sup> N, <sup>D</sup> <sup>13</sup> CN, HCN $\nu_2=1$ HNC, HN <sup>13</sup> C, H <sup>15</sup> NC, <sup>DNC</sup> HCO <sup>+</sup> , H <sup>13</sup> CO <sup>+</sup> , HC <sup>18</sup> O <sup>+</sup> , <sup>HC</sup> <sup>17</sup> O <sup>+</sup> , DCO <sup>+</sup> , <sup>D</sup> <sup>13</sup> CO <sup>+</sup> , HCO <sup>+</sup> $\nu_2=1$ HCS <sup>+</sup> NNH <sup>+</sup> HDO, <sup>HD</sup> <sup>18</sup> O
4 átomos	o/p-H <sub>2</sub> CO, o/p-H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CO, o/p-H <sub>2</sub> C <sup>18</sup> O, HDCO, o-H <sub>2</sub> C <sup>17</sup> O, o-D <sub>2</sub> CO, o-H <sub>2</sub> <sup>13</sup> C <sup>18</sup> O o/p-H <sub>2</sub> CS, o/p-H <sub>2</sub> C <sup>34</sup> S, o/p-H <sub>2</sub> <sup>13</sup> CS, HDCS HNCO, HN <sup>13</sup> CO, DNCO, HNC <sup>18</sup> O, H <sup>15</sup> NCO CCCS NH <sub>2</sub> D
5 átomos	HC <sub>3</sub> N, H <sup>13</sup> CCCN, HC <sup>13</sup> CCN, HCC <sup>13</sup> CN, HCCC <sup>15</sup> N, DCCCN, HC <sub>3</sub> N $\nu_7=1$ , HC <sub>3</sub> N $\nu_7=2$ , HC <sub>3</sub> N $\nu_6=1$ , HC <sub>3</sub> N $\nu_5=1$ , HC <sub>3</sub> N $\nu_7=3$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $\nu_7+\nu_6$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $\nu_4=1$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $\nu_7+\nu_5$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $\nu_7=4$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $2\nu_7+\nu_6$ , <sup>HC</sup> <sub>3</sub> N $\nu_6=2$ , H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7=1$ , HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7=1$ , HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7=1$ , H <sup>13</sup> CCCN $\nu_7=2$ , HC <sup>13</sup> CCN $\nu_7=2$ , HCC <sup>13</sup> CN $\nu_7=2$ o/p-H <sub>2</sub> CCO HCOOH, H <sup>13</sup> COOH c-C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> o/p-H <sub>2</sub> C <sub>3</sub>
6 átomos	A/E-CH <sub>3</sub> OH, A/E- <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH, A/E-CH <sub>3</sub> OD, CH <sub>2</sub> DOH, A/E-CH <sub>3</sub> <sup>18</sup> OH A/E-CH <sub>3</sub> OH $\nu_t=1$ , A/E-CH <sub>3</sub> OH $\nu_t=2$ , A/E-CH <sub>3</sub> OH $\nu_t=3$ , A/E- <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> OH $\nu_t=1$ A/E-CH <sub>3</sub> CN, A/E- <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CN, A/E-CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CN, CH <sub>2</sub> DCN, A/E-CH <sub>3</sub> <sup>15</sup> CN, A/E-CH <sub>3</sub> CN $\nu_8=1$ NH <sub>2</sub> CHO, NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12}=1$
7 átomos	CH <sub>2</sub> CHCN, <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CHCN, <sup>CH</sup> <sub>2</sub> <sup>13</sup> CHCN, <sup>CH</sup> <sub>2</sub> CH <sup>13</sup> CN, CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}=1$ , CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{15}=1$ , CH <sub>2</sub> CHCN $\nu_{11}=2$ A/E-CH <sub>3</sub> CCH, A/E- <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CCH, A/E-CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CCH, A/E-CH <sub>3</sub> C <sup>13</sup> CH, <sup>A/E-CH</sup> <sub>3</sub> CCD, <sup>CH</sup> <sub>2</sub> DCCH, A/E-CH <sub>3</sub> CCH $\nu_{10}=1$ A/E-CH <sub>3</sub> CHO, A/E-CH <sub>3</sub> CHO $\nu_t=1$ HC <sub>5</sub> N c-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
8 átomos	A/E-HCOOCH <sub>3</sub> , A/E-H <sup>13</sup> COOCH <sub>3</sub> , A/E-HCOO <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> , A/E-HC <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub> , A/E-HCO <sup>18</sup> OCH <sub>3</sub> , <sup>A/E-DC</sup> OOCH <sub>3</sub> , A/E-HCOOCH <sub>3</sub> $\nu_t=1$
9 átomos	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN, <sup>13</sup> CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN, CH <sub>3</sub> <sup>13</sup> CH <sub>2</sub> CN, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> <sup>13</sup> CN, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> C <sup>15</sup> N, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{13} / \nu_{21}$ , CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN $\nu_{20} = 1$ t-CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH, g <sup>+</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH, g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH, g <sup>+</sup> -g <sup>-</sup> -CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>
10 átomos	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO

### 11.3 Condiciones físicas y químicas del gas alrededor de estrellas jóvenes masivas

Hemos estudiado la región más cercana al Sistema Solar en la que se están produciendo fenómenos de formación de estrellas masivas (Orión KL) a través del análisis de las líneas espectrales obtenidas en un barrido espectral de alta sensibilidad en el rango de las ondas milimétricas, cubriendo una anchura de banda total de 168 GHz. Esto supone que en las más de 15 000 características espectrales detectadas aparecen multitud de transiciones de una misma molécula, además de contar, en muchos casos, con varios isotopólogos y estados vibracionalmente excitados. Esta gran cantidad de datos y la posibilidad de reproducir el perfil de las líneas espectrales que corresponden a distintas transiciones de una misma especie de manera simultánea [con nuestro código de transporte de radiación que contempla la posibilidad de trabajar en aproximación LVG (además de ETL) en los casos de moléculas cuyos coeficientes de colisión sean conocidos] mediante un modelo que exige el ajuste de los parámetros físicos y químicos de la región, nos ha llevado a obtener de manera muy fiable las condiciones físicas y químicas del gas de esta región, que rodea a, y se ve afectado por, estrellas masivas en formación.

Como hemos visto, se ha analizado en esta tesis todas las líneas espectrales contenidas en nuestros datos de las siguientes moléculas (teniendo en cuenta todos sus isotopólogos y estados vibracionales): OCS, CS, H<sub>2</sub>CS, HCS<sup>+</sup>, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, SiO y SiS. Además, para CS (más todos sus isotopólogos y estados vibracionales detectados) se ha realizado un estudio conjunto de los datos obtenidos con el barrido espectral realizado con el telescopio de 30 m del IRAM y aquel realizado con el instrumento HIFI a bordo de Herschel. Gracias a la colaboración con los grupos de espectroscopía, también se muestra en este trabajo los resultados del análisis de las líneas de los isotopólogos secundarios de CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN y de HCOOCH<sub>3</sub>, y del isotopólogo principal de NH<sub>2</sub>CHO en su primer estado excitado.

En primer lugar y como pie para la discusión de algunos resultados, mostramos a continuación la diferenciación química en las distintas componentes de la región (fruto de la complejidad creada por el fenómeno de formación de estrellas masivas) obtenida en los estudios aquí mostrados. Para ello, esquematizamos qué especies muestran emisión intensa proveniente de cada componente:

- “*Ridge*” compacto: OCS, H<sub>2</sub>CS, HCS<sup>+</sup>, HCOOCH<sub>3</sub> y NH<sub>2</sub>CHO  $\nu_{12}=1$ .
- “*Plateau*”: CS, SiO.
- *Núcleo caliente*: C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>S, OCS  $\nu_2=1$  y  $\nu_3=1$ , CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN (especies que emiten de manera casi exclusiva desde esta componente). OCS, CS, SiO, SiS y HCOOCH<sub>3</sub> también cuentan con una importante contribución de esta componente.
- *Componente a 15.5 km s<sup>-1</sup>*: SiS, SiO.

Esta diferenciación nos permite analizar cada una de estas especies como un trazador de la componente en la que tiene su máximo de emisión. Por ejemplo, el flujo de baja velocidad (*plateau*) proveniente de la fuente *I* (ver Capítulo 4) puede estudiarse a través de las moléculas de CS y SiO.

El *núcleo caliente* y el “*ridge*” compacto parecen la consecuencia de un residuo de materia de alta densidad en las cercanías de las estrellas masivas en formación. Nuestro estudio aporta la visión (a través del análisis de las líneas de OCS  $\nu_2=1$  y  $\nu_3=1$ , CS y de HCOOCH<sub>3</sub>)

de que en ambas componentes existe una estratificación de la región que conlleva gradientes de densidad y temperatura similares en los dos casos. Desde el punto de vista físico, estas componentes se diferencian por su situación en la región, su velocidad radial, la anchura de las líneas espectrales y por unos valores medios de temperatura y densidad menores para el “*ridge*” *compacto*. A pesar de que la naturaleza de estas dos condensaciones parezca similar, existe una diferenciación química notable entre ellas: el “*ridge*” *compacto* es rico en moléculas orgánicas saturadas ricas en oxígeno, mientras que en el *núcleo caliente* las moléculas presentan riqueza en nitrógeno. Esta variación en las especies que pueblan cada zona se piensa que es debida, fundamentalmente, a distintas condiciones iniciales de los granos de polvo y del gas previos al calentamiento que evapora los mantos de las partículas de polvo en cada región. Por la posición entre ambas regiones y su asociación con la formación de estrellas masivas, Caselli et al. (1993) propusieron que una diferente historia térmica para dos capas distintas de la estructura circunestelar durante el colapso gravitacional podía dar lugar a la diferenciación existente en la química de ambas componentes. También se ha propuesto que el “*ridge*” *compacto* haya surgido a partir de la incidencia del flujo molecular proveniente de la fuente *I* (rico en oxígeno) con un exceso de densidad de la nube ambiente, explicando, a su vez la diferenciación química del mismo (Favre et al. 2011).

La presencia en nuestro estudio de  $C_2S$  y  $C_3S$  exclusivamente en el *núcleo caliente* aporta un resultado sorprendente para la química de estas regiones, ya que ambas moléculas son típicas de regiones frías como las nubes oscuras o la envoltura de estrellas evolucionadas. Ninguna de estas moléculas ha sido estudiada en los modelos de química de los *núcleos calientes* disponibles, pero nuestro resultado indica que se forman eficientemente en regiones templadas. La relación entre las densidades de columna de ambas especies, nos da un resultado similar al obtenido en nubes frías y en estrellas evolucionadas, lo que podría indicar que estas especies se forman en la fase gaseosa.

Una de las aportaciones más relevantes de estos artículos es la caracterización física y química de la componente a  $15.5 \text{ km s}^{-1}$  detectada a través de la emisión de las moléculas de  $SiS$ ,  $SiO$  y de otras moléculas típicas de la química de choques como  $SO_2$ . Esta componente puede ser debida a la interacción del flujo molecular con la nube ambiente. Futuras investigaciones podrán determinar si esta región está relacionada directamente con la emanación de materia de la fuente *I* o, quizás, sea fruto de la interacción con el medio del objeto *BN*.

Estos resultados obtenidos nos llevan a comprender mejor la naturaleza y las propiedades del medio que rodea a estrellas masivas en formación. Es importante obtener una completa visión de estas regiones como indicadores de los procesos del nacimiento de estrellas masivas, como estructuras primigenias de posibles planetas e incluso como procesos de reciclaje y evolución del medio interestelar.

La otra gran aportación de nuestros resultados nos lleva al campo de la química del medio interestelar. El conocimiento de los procesos de formación de las moléculas tanto en la fase gaseosa como en los granos de polvo, es fundamental para comprender el propio proceso de formación estelar. Además, la química en sí misma se beneficia al contar con un laboratorio extraterrestre donde se dan reacciones únicas. Nuestros resultados de las propiedades físicas de la región y las abundancias de las moléculas estudiadas proporcionan una excelente prueba observacional para los modelos de química en el ISM. Gracias a la obtención de densidades de columna promediadas en cada componente es posible la diferenciación química cuantitativa y su introducción en modelos específicos para cada región: modelos de química de choques, de “hot cores”, de “hot corinos” y de nubes moleculares frías y oscuras.



## Capítulo 12

# Conclusiones y perspectivas

De manera global, extraemos las siguientes conclusiones del trabajo mostrado en esta tesis:

- El barrido espectral de Orión KL en el dominio de las ondas milimétricas es un ambicioso proyecto iniciado hace siete años y cuyo estudio sigue vigente en la actualidad.
- La identificación de más de 15 000 características espectrales nos proporciona un catálogo de la emisión molecular de la región.
- Las 189 especies diferentes detectadas nos guían en el camino de buscar nuevas variedades moleculares presentes en nuestro barrido espectral. Además, este resultado nos muestra el grado de complejidad química y física de la región.
- El estudio de distintas familias de moléculas ha sido presentado como la mejor y única manera de abordar el análisis completo del barrido espectral. Por un lado, estos estudios son consistentes en sí mismos; por otro, completan el estudio global de la región de Orión KL y de este barrido espectral, en particular.
- Lejos de quedar obsoleto, el barrido espectral complementa y amplía los estudios llevados a cabo con los telescopios de nueva generación.
- Los resultados presentados caracterizan las propiedades físicas y químicas del gas en la región de Orión KL; estos resultados pueden ser considerados indicadores de la formación de estrellas masivas.
- El cálculo de las densidades de columna para cada componente de las especies estudiadas, aporta una excelente prueba observacional para introducir diferenciaciones químicas cuantitativas en los modelos de química del medio interestelar.
- La colaboración con grupos de espectroscopía se ha presentado como indispensable para la completa conclusión del análisis de nuestro proyecto. De esta manera, se demuestra el interés de nuestro estudio en un ámbito interdisciplinario.

En esta tesis hemos querido mostrar los pasos iniciales y necesarios en una investigación de esta índole. En el punto actual en el que se encuentra el barrido espectral, el estudio de familias de especies moleculares determinadas se puede llevar a cabo con relativa facilidad, gracias al trabajo previo mostrado aquí. De esta manera, estudiantes y post-docs del grupo de J. Cernicharo siguen analizando los datos de este barrido espectral con el objetivo de hacer amplísimos estudios de distintas familias moleculares combinando los datos aquí mostrados y aquellos que han resultado de la observación de Orión KL con el telescopio espacial Herschel. Además, el barrido espectral ha sido puesto a disposición de todos los miembros del equipo de HEXOS y de todos aquellos investigadores que así lo han requerido, ofreciendo una base de datos que resulta de gran utilidad a la comunidad científica. Gracias a estos dos barridos espectrales se puede analizar la emisión en Orión KL a través de un número sin precedentes de transiciones de una misma especie, lo que dota al estudio de gran precisión, siendo capaces de delimitar las



condiciones físicas y químicas de la región.

La fructífera colaboración con grupos de espectroscopía nos lleva a seguir explorando ese ámbito, a través de la formación en ambas disciplinas de estudiantes de doctorado.

Al menos, los próximos 2–3 años serán necesarios para la conclusión del análisis de nuestro barrido espectral. En él habrán colaborado un nutrido grupo de investigadores y será un pilar fundamental para el trabajo de investigación de las tesis doctorales de Gisela B. Esplugues y Alicia López.

El lector puede analizar en los artículos publicados en esta tesis el esfuerzo que ha representado el análisis de los datos y la peculiaridad de este trabajo dentro del campo de la Astrofísica ya que un 50% de las tareas realizadas corresponden a un trabajo estrictamente de espectroscopía molecular, campo en el que los estudiantes de Astrofísica deben especializarse durante el máster y que en algunas ocasiones representa un auténtico desafío desde el punto de vista teórico (veáse el problema de la rotación interna en moléculas asimétricas conteniendo el grupo  $-\text{CH}_3$ ). Sin embargo, la Astrofísica es y ha sido el motor de este trabajo. La caracterización de la química de la nebulosa de Orión, la determinación de las condiciones físicas del gas sometido a procesos físicos energéticos (choques, iluminación UV, calentamiento por fuentes embebidas...) ha sido mi principal objetivo en este trabajo. Para alcanzarlo con éxito el proceso de identificación de líneas y la espectroscopía molecular se han convertido en un útil de trabajo. El proceso ha sido largo pero considero que los resultados merecían la pena. Ahora podemos lanzarnos, con una fuerte base previa, a explorar con ALMA y Herschel detalles que las observaciones presentes nos ocultan todavía. Pero esa ya será materia para mi trabajo y el de mis colegas para los próximos años.

## Apéndice A

# El diagrama Hertzsprung-Russel (H-R)

Los dos observables más directos que podemos obtener de las estrellas son la luz que emite al exterior (luminosidad,  $L$ ) y la temperatura de su superficie ( $T$ ). A la representación gráfica de estos parámetros, uno en función del otro, se la conoce como el *diagrama Hertzsprung-Russel (HR)*<sup>1</sup> Generalmente, el diagrama confronta la luminosidad estelar, representada de manera creciente hacia arriba en el eje y, frente a la temperatura de la superficie de la estrella, representada de manera creciente hacia la izquierda en el eje x.

La gran mayoría de las estrellas conocidas (alrededor del 90%) se encuentran en una banda diagonal que atraviesa el diagrama, con las estrellas más calientes y luminosas en un extremo (estrellas azules, tipo O, de alta masa  $M \simeq 100 M_{\odot}$ , con  $L \simeq 10^6 L_{\odot}$  y  $T > 40\,000$  K) y las más frías y menos luminosas en el extremo contrario (enanas rojas, tipo M, de baja masa  $M \simeq 0.8 M_{\odot}$ , con  $L \simeq 10^{-3} L_{\odot}$  y  $T \simeq 3\,000$  K). Esta banda se conoce como la *secuencia principal* (Figura A.1). Entre ambos extremos, hay una progresión de estrellas con decreciente luminosidad y temperatura. A esta secuencia se le asignan las letras O, B, A, F, G, K y M para distinguir a las diferentes estrellas en función de su temperatura y luminosidad (el tipo espectral)<sup>2</sup>.

### A.1 Evolución de una protoestrella hacia la secuencia principal

La Fig. A.2 nos muestra la evolución de protoestrellas de diferente masa hacia la secuencia principal en el diagrama H-R. A continuación se describen los distintos estados de la protoestrella en las posiciones marcadas con letras en la figura citada. (a) Baja temperatura y baja luminosidad. (b) Al colapsar, la superficie se calienta y comienza a brillar. Se mueve hacia arriba a la izquierda. Esta luminosidad es el resultado de la conversión de energía potencial a energía radiativa. (c) Al final del colapso, cuando comienza la etapa de protoestrella, se encuentra sobre la línea de Hayashi<sup>3</sup>. En este estadio, la estrella es completamente convectiva. Las estrellas a la derecha de la línea de Hayashi no pueden estar en equilibrio, y deben colapsar en una escala de tiempo dinámico. (d) A partir de este punto, la evolución sigue caminos diferentes dependiendo de la masa de la estrella. La evolución ahora se da en la escala de tiempo térmico. Una protoestrella de masa unas 5 veces la del sol se vuelve muy caliente pero muestra poco cambio en el conjunto de la luminosidad, pues el efecto de la disminución de su radio se equilibra con el

---

<sup>1</sup>En honor del astrónomo danés Ejnar Hertzsprung y del astrónomo estadounidense Henry Russel, los cuales fueron los primeros en investigar la relación entre estos dos observables.

<sup>2</sup>El Sol es una estrella tipo G con una  $T \simeq 6\,000$  K.

<sup>3</sup>En 1950, el astrofísico estadounidense L. Heneyey y el japonés C. Hayashi estudiaron las primeras etapas de evolución de la protoestrella. Al principio, la protoestrella consiste básicamente en una extensa zona de hidrógeno convectiva. Hayashi demostró que dichas estructuras son inestables. Para estrellas completamente convectivas no es posible construir un modelo hidrostático si la temperatura se sitúa por debajo de un cierto valor, por lo que existe una “región prohibida” en el diagrama H-R. El límite de esta región prohibida es casi vertical para una protoestrella de masa determinada; a medida que la protoestrella continúa su contracción, evoluciona a temperatura efectiva constante a lo largo de los límites de la región prohibida en lo que se conoce como línea de Hayashi. Este límite separa las protoestrellas estables, a la izquierda de la línea, de las inestables, a la derecha de la misma.

incremento de su temperatura superficial. Así, el camino evolutivo de las protoestrellas masivas atraviesa el diagrama H-R horizontalmente de derecha a izquierda. En las protoestrellas menos masivas, el incremento de temperatura superficial es menos rápido, y la luminosidad decrece moviéndose verticalmente hacia abajo sobre la línea de Hayashi. (e) Conforme se contrae, la temperatura central aumenta. Al llegar al millón de K comienza a fusionarse el deuterio. La opacidad disminuye y la energía se comienza a transportar por radiación. La masa de la región radiativa aumenta hasta que la mayor parte de la estrella es radiativa. La temperatura superficial también aumenta ligeramente. (f) A una temperatura central de  $4 \times 10^6$  K, comienzan las reacciones de fusión de hidrógeno, aunque no es muy eficiente hasta que la temperatura es superior a  $1 \times 10^7$  K. Cuando la estrella se ha contraído lo suficiente, la temperatura central alcanza los 10–15 millones de grados K, y comienza la fusión de hidrógeno. El tiempo que tarda una protoestrella en alcanzar este punto depende de la masa de la estrella, pues en estrellas masivas, el movimiento hacia la izquierda ocurre más rápidamente dado que la temperatura en el interior es mayor y las reacciones nucleares comienzan antes. Este proceso termonuclear genera una gran cantidad de energía, por lo que se para la contracción gravitatoria. Se dice que la estrella entra en la secuencia principal. Una vez comenzadas las reacciones nucleares y de acuerdo al teorema del virial <sup>4</sup>, la estrella se instala en un estadio de larga duración en el cual la energía térmica interna continúa siendo la mitad de la energía gravitatoria liberada pero donde la energía radiada al espacio proviene de las reacciones nucleares en el interior estelar.

---

<sup>4</sup>En mecánica, el teorema de virial es una ecuación general que relaciona la energía cinética total promedio de un sistema con su energía potencial promedio, permitiendo calcular la energía total promedio aún para sistemas muy complejos en los que es muy difícil obtener una solución exacta.

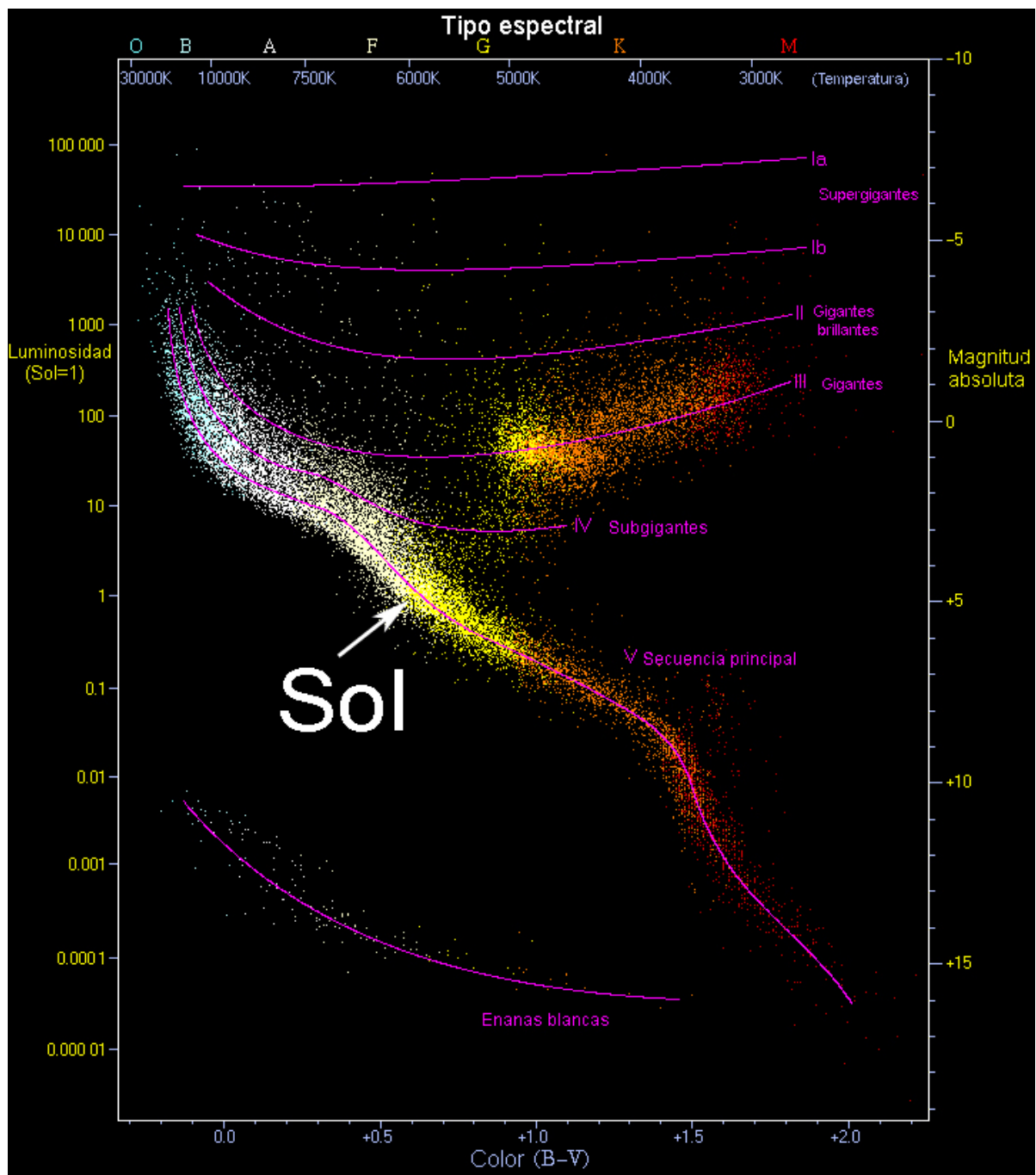


FIGURA A.1: Diagrama Hertzsprung-Russell. Representación gráfica de la luminosidad (magnitud absoluta) frente al color con un rango que abarca desde estrellas blancas-azules de alta temperatura a la izquierda del diagrama hasta estrellas rojas de baja temperatura en el extremo izquierdo. En él se muestran 2 200 estrellas del Catálogo Hiparcos junto con 1 000 estrellas de baja luminosidad (enanas rojas y blancas) tomadas del Catálogo Gliese de Estrellas Cercanas (Gliese Catalogue of Nearby Stars). Las estrellas normales cuya energía es suministrada por la fusión del hidrógeno, como el Sol, se encuentran en una rama diagonal que va desde la parte superior izquierda a la parte inferior derecha del diagrama llamada la *Secuencia Principal*. Las estrellas gigantes se encuentran en un cúmulo en el lado superior derecho del diagrama. Más arriba se posicionan las estrellas brillantes gigantes y supergigantes. En la parte inferior a la izquierda se encuentra la banda de las enanas blancas (núcleos muertos de antiguas estrellas los cuales no tienen ninguna fuente de energía interna y las cuales se van enfriando lentamente —en miles de millones de años— y desplazando hacia el extremo inferior derecho del diagrama). Fuente <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HRDiagram.png> y <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:HRDiagram-es.png>

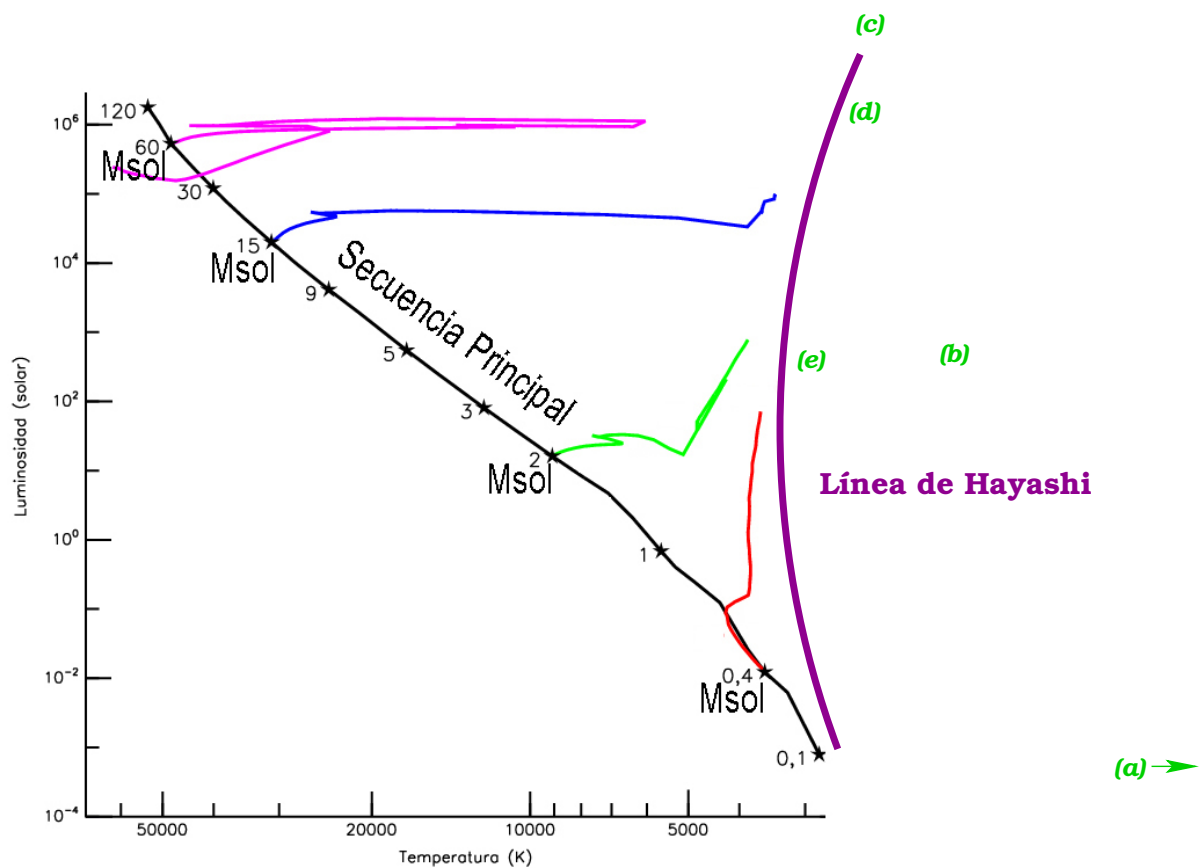


FIGURA A.2: Evolución de protoestrellas de diferente masa hacia la secuencia principal en el diagrama H-R. Las trazas rosa, azul, verde y roja muestran la evolución en el diagrama de una protoestrella hacia la secuencia principal de estrellas de 60, 15, 2 y 0,4  $M_{\odot}$ , respectivamente. La rama morada representa la *línea de Hayashi* y las letras indican posiciones en el diagrama H-R de los núcleo densos en su camino hacia estrella (ver texto, Sección A.1). Fuente <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/466385>

# Bibliografía

- Agúndez, M., Cernicharo, J., Guélin, M., Kahane, C., Roueff, E., Klos, J., Aoiz, F. J., Lique, F., Marcelino, N., Goicoechea, J. R., González García, M., Gottlieb, C. A., McCarthy, M. C. & Thaddeus, P. 2010, ‘*Astronomical identification of  $CN^-$ , the smallest observed molecular anion*’, *A & A Let.*, **517**, 2.
- Ahrens, V. & Winnewisser, G. 1998, *Z. Naturforsch.*, **54a**, 131.
- Andersson, M. 1985, ‘ *$CH_3CN$  in Orion-KL and other molecular clouds*’, en “Proc. of ESO-IRAM-ONSALA Workshop on (Sub)millimeter Astronomy” p.353. Aspenäs, Sweden, ed. P.A. Shaver, K. Kjär.
- Avery, L. W., Broten, N. W., MacLeod, J. M., Oka, T., & Kroto, H. W. 1976, ‘*Detection of the heavy interstellar molecule cyanodiacetylene*’, *Astrophys. J.* **205**, L173.
- Bally, J. & Lada, C. J. 1983, ‘*The high-velocity molecular flows near young stellar objects*’, *Astrophys. J.*, **265**, 824.
- Bally, J., O’Dell, C. R., McCaughrean, M. J., 2000, ‘*Disks, Microjets, Windblown Bubbles, and Outflows in the Orion Nebula*’, *The Astronomical Journal*, **119**, 2919.
- Bally, J. and Reipurth, B., ‘*The Birth of Stars and Planets*’, *Cambridge University Press*, 2006.
- Bally, J. 2008, ‘*Overview of the Orion Complex*’, *Handbook of Star Forming Regions Vol. I*, ASP Conference Series, Vol. , 2008 Bo Reipurth, ed.
- Bally, J., Cunningham, N. J., Moeckel, N., Burton, M. G., Smith, N., Frank, A., Nordlund, A. 2011, ‘*Explosive Outflows Powered by the Decay of Non-hierarchical Multiple Systems of Massive Stars: Orion BN/KL*’, *Astrophys. J.*, **727**, 113.
- Bastien, P., Bieging, J., Henkel, C., Martin, R. N., Pauls, T., Walmsley, C. M., Wilson, T. L. & Ziurys, L. M. 1981, ‘*Small scale clumping in the Orion molecular cloud*’, *A & A*, **89**, L4.
- Bauder, A. 1979, ‘*Microwave spectra of molecules of astrophysical interest. XVI. Methyl formate*’, *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, **8**, 583.
- Becklin, E. E & Neugebauer, G. 1967 ‘*Observations of an Infrared Star in the Orion Nebula*’ *Astrophys. J.*, **147**, 799.
- Beltrán, M. T., Cesaroni, R., Codella, C., Testi, L., Furuya, R. S. & Olmi, L. 2006 ‘*Infall of gas as the formation mechanism of stars up to 20 times more massive than the Sun*’ *Nature*, **443**, 427.
- Bergin, E. A., Melnick, G. J., Gerakines, P. A., Neufeld, D. A., & Whittet, D. C. B. 2005, ‘*Spitzer Observations of  $CO_2$  Ice toward Field Stars in the Taurus Molecular Cloud*’, *Astrophys. J.*, **627L**, 33.
- Bergin, E. A., Phillips, T. G., Comito, C. et al. 2010, ‘*Herschel observations of EXtra-Ordinary Sources (HEXOS): The present and future of spectral surveys with Herschel/HIFI*’, *A & A*, **521**, L20.
- Beuther, H., Zhang, Q., Greenhill, L. J., Reid, M. J., Wilner, D., Keto, E., Marrone, D., Ho, P. T. P., Moran, J. M., Rao, R., Shinnaga, H., Liu, S.-Y. 2004, ‘*Subarcsecond Submillimeter Continuum Observations of Orion KL*’, *Astrophys. J.*, **616L**, 31.
- Beuther, H. & Nissen, H. D. 2008, ‘*Identifying the Outflow Driving Sources in Orion-KL*’, *Astrophys. J.*, **679L**, 121.
- Blaauw, A. 1964, ‘*The O Associations in the Solar Neighborhood*’, *ARA & A*, **2**, 213.
- Blaauw, A. 1991 ‘*OB Associations and the Fossil Record of Star Formation*’ in *The Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C*, edited by Charles J. Lada and Nikolaos D. Kylafis, **342**, 125.
- Blake, G. A., Sutton, E. C., Masson, C. R. & Philips, T. H. 1986 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **60**, 357

- Blake, G. A., Sutton, E. C., Masson, C. R., & Philips, T. H. 1987 'Molecular abundances in OMC-1 - The chemical composition of interstellar molecular clouds and the influence of massive star formation' *Astrophys. J.*, **315**, 621.
- Blake, G. A., Mundy, L. G., Carlstrom, J. E., Padin, S., Scott, S. L., Scoville, N. Z., & Woody, D. P. 1996 'A  $\lambda = 1.3$  millimeter Aperture Synthesis Molecular Line Survey of Orion Kleinmann-Low' *Astrophys. J.*, **472L**, 49.
- Blitz, L. 1990, en 'The Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution', p. 3, ed. Charles J. Lada, Nikolaos D. Kylafis. Dordrecht: Kluwer.
- Bockelée-Morvan, D., Wink, J., Despois, D., Colom, P., Biver, N., Crovisier, J., Gautier, D., Gérard, E., Lellouch, E., Moreno, R., Paubert, G., Rauer, H., Davies, J. K. & Dent, W. R. F. 1997, 'A Molecular Survey of Comet C/1995 O1 (Hale-Bopp) at the IRAM Telescopes', *Earth, Moon, and Planets*, **78**, 67.
- Bonnell, I. A., Bate, M. R., & Zinnecker, H. 1998, 'On the formation of massive stars', *MNRAS*, **298**, 93.
- Bonnell, I. A., Bate, M. R., Clarke, C. J. & Pringle, J. E. 2001, 'Competitive accretion in embedded stellar clusters', *MNRAS*, **323**, 785.
- Bonnell, I. A. & Bate, M. R. 2005, 'Binary systems and stellar mergers in massive star formation', *MNRAS*, **362**, 915.
- Bonnell, I. A., Larson, R. B. & Zinnecker, H. 2007, 'The Origin of the Initial Mass Function', *Protostars and Planets V, Conference*, **149**.
- Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., Lahuis, F., Jorgensen, J. K., Augereau, J.-C., Blake, G. A., Brooke, T. Y., Brown, J., Dullemond, C. P., Evans, N. J. II, Geers, V., Hogerheijde, M. R., Kessler-Silacci, J., Knez, C., Morris, P., Noriega-Crespo, A., Schöier, F. L., van Dishoeck, E. F., Allen, L. E., Harvey, P. M., Koerner, D. W., Mundy, L. G., Myers, P. C., Padgett, D. L., Sargent, A. I., Stapelfeldt, K. R. 2004, 'Spitzer Space Telescope Spectroscopy of Ices toward Low-Mass Embedded Protostars', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **154**, 359.
- Bottinelli, S., Ceccarelli, C., Lefloch, B., Williams, J. P., Castets, A., Caux, E., Cazaux, S., Maret, S., Parise, B., & Tielens, A. G. G. M. 2004, 'Complex Molecules in the Hot Core of the Low-Mass Protostar NGC 1333 IRAS 4A', *Astrophys. J.*, **615**, 354.
- Bottinelli, S., Ceccarelli, C., Williams, J. P., Lefloch, B. 2007, 'Hot corinos in NGC 1333-IRAS4B and IRAS2A', *A & A*, **463**, 601.
- Boucher, D., Dubrulle, A., Demaison, J. & Dreizler, H. 1980, 'Determination of a High potential Barrier Hindering Internal Rotation from the Analysis of the Ground State Spectrum: The Case of Ethyl', *Zs. Naturforschung*, **35**, 1136.
- Bourie J., Demaison J., Dubrulle A., & Boucher D., 1978, *JMoSp*, **72**, 275.
- Bourke, T. L., Myers, P. C., Robinson, G. & Hyland, A. R. 2001, 'New OH Zeeman Measurements of Magnetic Field Strengths in Molecular Clouds', *Astrophys. J.*, **554**, 916.
- Brauer, C. S., Pearson, J. C., Drouin, B. J. & Yu, S. 2009, 'New Ground-State Measurements of Ethyl Cyanide', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **184**, 133.
- Briceño, C., Hartmann, L., Hernández, J., Calvet, N., Vivas, A. K., Furesz, G., & Szentgyorgyi, A. 2007, '25 Orionis: A Kinematically Distinct 10 Myr Old Group in Orion OB1a', *Astrophys. J.*, **661**, 1119.
- Briceño, C. 2008, 'The Dispersed Young Population in Orion', *Handbook of Star Forming Regions Vol. I* Astronomical Society of the Pacific, 2008 Bo Reipurth, ed.
- Brown, R. D., Crofts, J. G., Godfrey, P. D., Gardner, F. F., Robinson, B. J., & Whiteoak, J. B. 1975, 'Discovery of interstellar methyl formate', *Astrophys. J.*, **197**, L29.
- Brown, P. D., Charnley, S. B., & Millar, T. J. 1988, 'A model of the chemistry in hot molecular cores', *MNRAS*, **231**, 409.

- Brown, P. D. 1990, ‘*The grain-surface formation of complex molecules*’, *MNRAS*, **243**, 65.
- Brown, A. G. A., de Geus, E. J. & de Zeeuw, P. T. 1995, ‘*The Orion OB1 association. 1: Stellar content*’, *A & A*, **289**, 101.
- Burenin, A. V., Val’Dov, A. N., Karyakin, E. N., Krupnov, A. F. and Shapin, S. M. 1981 *JMoSp*, **87**, 312.
- Cami, J., Bernard-Salas, J., Peeters, E. & Malek, S. E. 2010, ‘*Detection of C60 and C70 in a Young Planetary Nebula*’, *Science*, **329**, 1180.
- Carvajal, M., Willaert, F., Demaison, J., & Kleiner, I. 2007, ‘*Reinvestigation of the ground and first torsional state of methylformate*’, *JMoSp*, **246**, 158.
- Carvajal, M., Margulès, L., Tercero, B., Demyk, K., Kleiner, I., Guillemin, J. C., Lattanzi, V., Walters, A., Demaison, J., Wlodarczak, G., Huet, T. R., Mollendal, H., Ilyushin, V. V., & Cernicharo, J. 2009, ‘*Rotational spectrum of  $^{13}\text{C}_2$ -methyl formate ( $\text{HCOO}^{13}\text{CH}_3$ ) and detection of the two  $^{13}\text{C}$ -methyl formate in Orion*’, *A & A*, **500**, 1109.
- Caselli, P., Hasegawa, T. I. & Herbst, E. 1993, ‘*Chemical differentiation between star-forming regions - The Orion Hot Core and Compact Ridge*’, *Astrophys. J.*, **408**, 548.
- Cazaux, S., Tielens, A. G. G. M., Ceccarelli, C., Castets, A., Wakelam, V., Caux, E., Parise, B. & Teyssier, D. 2003, ‘*The Hot Core around the Low-mass Protostar IRAS 16293–2422: Scoundrels Rule!*’, *Astrophys. J.*, **593**, L51.
- Cernicharo, J. 1985, ‘*ATM: a program to compute atmospheric opacity between 0 and 1000 GHz*’, IRAM Report 52.
- Cernicharo, J. 1990, en ‘*The Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution*’, p. 287, ed. Charles J. Lada, Nikolaos D. Kylafis. Dordrecht: Kluwer.
- Cernicharo, J., Lefloch, B., Cox, P., Cesarsky, D., Esteban, C., Yusef-Zadeh, F., Méndez, D. I., Acosta-Pulido, J., García-López, R. J. & Heras, A. 1998, ‘*Induced Massive Star Formation in the Trifid Nebula?*’, *Science*, **282**, 462.
- Charnley, S. B., Tielens, A. G. G. M. & Kress, M. E. 1995, ‘*Organic molecules in oxygen-rich circumstellar envelopes: methanol and hydrocarbons*’, *MNRAS*, **274L**, 53.
- Charnley, S. B. & Rodgers, S. D. 2009, ‘*Theoretical Models of Complex Molecule Formation on Dust*’, *Bioastronomy 2007: Molecules, Microbes, and Extraterrestrial Life*, ASP Conference Series, **420**, 2009.
- Cherchneff, I., Barker, J., R. & Tielens, A. G. G. M. 1992, ‘*Polycyclic aromatic hydrocarbon formation in carbon-rich stellar envelopes*’, *Astrophys. J.*, **401**, 269.
- Churchwell, E. & Winnewisser, G. 1975, ‘*Observations of methyl formate in the galactic center*’, *A & A*, **45**, 229.
- Ciolek, G. E. & Mouschovias, T. Ch. 1994, ‘*Ambipolar diffusion, interstellar dust, and the formation of cloud cores and protostars. 3: Typical axisymmetric solutions*’, *Astrophys. J.*, **425**, 142.
- Comito, C., Schilke, P., Philips, T. G., Lis, D. C., Motte, F. & Mehringer, D. 2005 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **165**, 127.
- Costain, C. C. & Dowling, J. M. 1960, ‘*Microwave Spectrum and Molecular Structure of Formamide*’, *JChPh*, **32**, 158.
- Crockett, N. R., Bergin, E. A., Bell, T. A., Blake, G., Cernicharo, J., Emprechtinger, M., Gupta, H., Lis, D. C., Lord, S., Pearson, J., Plume, R., Schilke, P., van der Tak, F., Wang, S. & Yu, S. 2011 ‘*Herschel Observations of EXtra-Ordinary Sources (HEXOS): Analysis of the HIFI 1.2 THz Wide Spectral Survey Toward Orion KL*’ IAU Symposium 280, Contributed talk. IAUS, 280E, 9C.
- Crutcher, R. M. 1999, ‘*Magnetic Fields in Molecular Clouds: Observations Confront Theory*’, *Astrophys. J.*, **520**, 706.



- Crutcher, R. M. & Troland, T. H. 1999, 'Magnetic fields and star formation - new observational results', *Proceedings of the International Astronomical Union* 2, **237**, 141.
- Cuppen, H. M. & Herbst, E. 2005, 'Monte Carlo simulations of H<sub>2</sub> formation on grains of varying surface roughness', *MNRAS*, **361**, 565.
- Curl, R. F., Jr. 1959, 'Microwave Spectrum, Barrier to Internal Rotation, and Structure of Methyl Formate', *JChPh*, **30**, 1529.
- de Jong, T., Dalgarno, A., & Chu, S.-I. 1975, 'Carbon monoxide in collapsing interstellar clouds', *Astrophys. J.*, **199**, 69.
- Demaison, J., Boucher, D., Dubrulle, A., & van Eijck, B. P. 1983, 'Millimeter wave spectrum of methyl formate', *JMoSp*, **102**, 260.
- Demaison, J., Császár, A. G., Kleiner, I., & Mollendal, H. 2007, *J. Phys. Chem. A*, **111**, 2574.
- de Vicente, P., Martín-Pintado, J., Neri, R., & Rodríguez-Franco, A. 2002, 'On the Heating Source of the Orion KL Hot Core', *Astrophys. J.*, **574**, 163.
- Ehrenfreund, P., Dartois, E., Demyk, K., & D'Hendecourt, L. 1998, 'Ice segregation toward massive protostars', *A & A*, **339L**, 17.
- Elmegreen, B. G. & Lada, C. J. 1977, 'Sequential formation of subgroups in OB associations', *Astrophys. J.*, **214**, 725.
- Erickson, N. R., Goldsmith, P. F., Snell, R. L., Berson, R. L., Huguenin, G. R., et al. 1982, 'Detection of bipolar CO outflow in Orion', *Astrophys. J.Let.*, **261L**, 103.
- Falgarone, E. & Phillips, T. G. 1990, 'The self-similar structure of molecular clouds', *Kona Symposium on Millimetre and Submillimetre Astronomy; ASSL*, **158**, 9.
- Favre, C., Despois, D., Brouillet, N., Baudry, A., Combes, F., Guèlin, M., Wootten, A., & Wlodarczak, G. 2011, 'HCOOCH<sub>3</sub> as a probe of temperature and structure in Orion-KL', *A & A*, **532**, 32.
- Field, G. B. 1969, 'The Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium', *Astrophysics and General Relativity, Volume 1. Library of Congress Catalog Card Number 65-29011*, 59.
- Fortman, S. M., Medvedev, I. R., Neese, C. F., & De Lucia, F. C. 2010a, 'A New Approach to Astrophysical Spectra: The Complete Experimental Spectrum of Ethyl Cyanide (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN) Between 570 and 645 GHz', *Astrophys. J.*, **714**, 476.
- Fortman, S. M., Medvedev, I. R., Neese, C. F., & De Lucia, F. C. 2010b, 'The Complete, Temperature-resolved Experimental Spectrum of Ethyl Cyanide (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CN) between 210 and 270 GHz' *Astrophys. J.*, **725**, 1682.
- Frenklach, M. & Feigelson, E. D. 1989, 'Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in circumstellar envelopes' *Astrophys. J.*, **341**, 372.
- Friedel, D. N. 2005, '3 mm spectral line survey of the high mass star forming regions Sagittarius B2 (N-LMH) and Orion KL'. Thesis.
- Fukuyama, Y., Odashima, H., Takagi, K., & Tsunekawa, S. 1996, 'The Microwave Spectrum of Propionitrile (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>CN) in the Frequency Range from 8 to 200 GHz' *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **104**, 329.
- Garay, G. & Lizano, S. 1999, 'Massive Stars: Their Environment and Formation' *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, **111**, 1049.
- Gardner, F. F. & Winnewisser, G. 1975, 'The detection of interstellar vinyl cyanide (acrylonitrile)' *Astrophys. J.*, **195**, L127.
- Gardner, F. F. Godfrey, P. D., & Williams, D. R. 1980, 'Observations of the C-12 and C-13 isotopes of formamide at 19 CM' *MNRAS*, **193**, 713.

- Genzel, R., Reid, M. J., Moran, J. M. & Downes, D. 1981 'Proper motions and distances of H<sub>2</sub>O maser sources. I - The outflow in Orion-KL', *Astrophys. J.*, **244**, 884
- Genzel, R., Ho, P. T. P., Bieging, J. & Downes, D. 'NH<sub>3</sub> in Orion-KL - A new interpretation' *Astrophys. J.*, **259L**, 103.
- Genzel, R. & Downes, D. 1983, 'Mass outflow in molecular clouds - A new phase in the evolution of newly-formed stars?', en "Highlights of Astronomy", ed. R. West, p.689, Dordrecht: Reidel.
- Genzel, R. & Stutzki, J. 1989, 'The Orion Molecular Cloud and star-forming region' *ARA & A*, **27**, 41
- Goddi, C., Greenhill, L. J., Humphreys, E. M. L., Matthews, L. D., Tan, Jonathan C. & Chandler, C. J. 2009, 'A 42.3-43.6 GHz Spectral Survey of Orion BN/KL: First Detection of the  $v = 0$   $J = 1-0$  Line from the Isotopologues 29SiO and 30SiO' *Astrophys. J.*, **691**, 1254.
- Goldreich, P. & Kwan, J. 1974, 'Molecular Clouds' *Astrophys. J.*, **189**, 441.
- Goldsmith, P. F., Snell, R. L., Deguchi, S., Krotkov, R., Linke, R. A. 1982, *Astrophys. J.* **260**, 147
- Goldsmith, P. F., Liseau, R., Bell, T. A., Lis, D. C., Chen, J. H., Snell, R., Li, D., Kaufman, M., Bergin, E. A., Melnick, G. & HOP Team. 2011. 'Herschel Oxygen Project Observations of Molecular Oxygen in Orion', IAU Symposium 280, Contributed talk. 2011, IAUS, 280E, 33.
- Gómez, L., Rodríguez, L. F., Loinard, L., Lizano, S., Poveda, A., & Allen, C. 2005, 'Dynamical Decay of a Massive Multiple System in Orion KL?', *Astrophys. J.*, **635**, 1166.
- Gottlieb, C. A., Myers, P. C. & Thaddeus, P. 2003, 'Precise Millimeter-Wave Laboratory Frequencies for CS and C<sup>34</sup>S' *Astrophys. J.*, **588**, 655.
- Gould, R. J. & Salpeter, E. E. 1963, 'The Interstellar Abundance of the Hydrogen Molecule. I. Basic Processes' *Astrophys. J.*, **138**, 393.
- de Graauw, Th., Helmich, F. P., Phillips, T. G., et al. 2010, 'The Herschel-Heterodyne Instrument for the Far-Infrared (HIFI)', *A & A*, **518**, L6.
- Greaves, J. S. & White, G. J. 1991 *A & A S*, **91**, 237
- Guélin, M. & Thaddeus, P. 1977, 'Tentative Detection of the C<sub>3</sub>N Radical', *Astrophys. J.*, **212**, L81.
- Hartquist, T. W., Durisen, R. H., Dyson, J. E., Rawlings, J. M. C., Williams, D. A., & Williams, R. J. R. 1995, 'Can Dust Formation in Evolved Stars Be Suppressed near Active Galactic Nuclei?', *Astrophys. J.*, **453**, 77.
- Harwit, M. 1982, 'The Orion Nebula - Large-scale distribution of far-infrared and submillimeter line emission', *New York Academy of Sciences, Annals*, **395**, 56.
- Hasegawa, T., Kaifu, N., Inatani, J., Moromoto, M., Chikada, Y., Hirabayasi, H., Iwashita, H., Morita, K. I., Tojo, A. & Akabane, K. 1984, 'CS around Orion-KL - A large rotating disk', *Astrophys. J.*, **283**, 117.
- Hasegawa, T. 1986, 'Star formation associated with high-velocity mass outflows (Invited review)', *A & Spa. Sci.*, **118**, 421.
- Hasegawa, T. I. & Herbst, E. 1993, 'New gas-grain chemical models of quiescent dense interstellar clouds - The effects of H<sub>2</sub> tunnelling reactions and cosmic ray induced', *MNRAS*, **261**, 83.
- Heise, H. M., Lutz, H., & Dreizler, H. 1974, 'Molecular Structure Quadrupole Coupling Tensor and Dipole Moment of Ethyl Cyanide', *Zs. Naturforschung*, **29**, 1345.
- Herbst, W. & Assousa, G. E. 1977, 'Observational evidence for supernova-induced star formation - Canis Major R1', *Astrophys. J.*, **217**, 473.
- Herbst, E. & Klemperer, W. 1973, 'The Formation and Depletion of Molecules in Dense Interstellar Clouds', *Astrophys. J.*, **185**, 505.

- Hermesen, W., Wilson, T. L. & Bieging, J. H. 1988, 'VLA maps of ammonia in Orion-KL - Fine-scale structure and geometry', *A & A*, **201**, 276.
- Hiraoka, K., Miyagoshi, T., Takayama, T., Yamamoto, K., & Kihara, Y. 1998, 'Gas-Grain Processes for the Formation of  $\text{CH}_4$  and  $\text{H}_2\text{O}$ : Reactions of H Atoms with C, O, and CO in the Solid Phase at 12 K', *Astrophys. J.*, **498**, 710.
- Hiraoka, K., Yamashita, A., Miyagoshi, T., Oohashi, N., Kihara, Y. & Yamamoto, K. 1998, 'Reactions of Hydrogen Atoms with Solid, Thin Films of Acetone and 2-Propanol at 13 K', *Astrophys. J.*, **508**, 423.
- Hirota, E., Sugisaki, R., Nielsen, C. J., & Sorensen, G. O. 1974, 'Molecular structure and internal motion of formamide from microwave spectrum', *JMoSp*, **49**, 251.
- Hirota, T., Bushimata, T., Choi, Y. K., Honma, M., Imai, H., Iwadate, K., Jike, T., Kamenno, S., Kameya, O., Kamohara, R., Kan-Ya, Y., Kawaguchi, N., Kijima, M., et al. 2007, 'Distance to Orion KL Measured with VERA', *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **59**, 897.
- Ho, P. T. P. & Barret, A. H. 1978, 'A new dynamical model for the Orion Molecular Cloud', *Astrophys. J. Let.* **224**, L23.
- Hollenbach, D. & Salpeter, E. E. 1971, 'Surface Recombination of Hydrogen Molecules', *Astrophys. J.*, **163**, 155.
- Horn, A., Mollendal, H., Sekiguchi, O., Uggerud, E., Roberts, H., Herbst, E., Viggiano, A. A. & Fridgen, T. D. 2004, 'The Gas-Phase Formation of Methyl Formate in Hot Molecular Cores' *Astrophys. J.*, **611**, 605.
- Hough, J. H., Axon, D. J., Burton, M. G., Gatley, I., Sato, S., et al. 1986, 'Infrared polarization in OMC-1 - Discovery of a molecular hydrogen reflection nebula' *MNRAS*, **209**, 465.
- Ilyushin, V., Kryvda, A., & Alekseev, E. 2009, 'A new joint analysis of the ground and first excited torsional states of methylformate', *JMoSp*, **255**, 32.
- Jefferts, K. B., Penzias, A. A., & Wilson, R. W. 1970, 'Observation of the CN Radical in the Orion Nebula and W51', *Astrophys. J.*, **161**, L87.
- Jewell, P. R., Hollis, J. M., Lovas, F. J. & Snyder, L. E. 1989 'Millimeter- and submillimeter-wave surveys of Orion A emission lines in the ranges 200.7-202.3, 203.7-205.3, and 330-360 GHz', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **70**, 833.
- Johansson, L. E. B., Andersson, C., Elldér, J., Friberg, P., Hjalmarsen, A., Höglund, B., Irvine, W. M., Olofsson, H. & Rydbeck, G. 1984 'Spectral scan of Orion A and IRC+10216 from 72 to 91 GHz', *A & A*, **130**, 227.
- Johnson, D. R., Lovas, F. J., Gottlieb, C. A., Gottlieb, E. W., Litvak, M. M., Thaddeus, P., & Guelin, M. 1977, 'Detection of interstellar ethyl cyanide', *Astrophys. J.*, **218**, 370.
- Johnstone, D. & Bally, J. 1999, 'SCUBA-Mapping at the JCMT: The Orion Molecular Ridge', *The Physics and Chemistry of the Interstellar Medium*, Proceedings of the 3rd Cologne-Zermatt Symposium. Eds.: V. Ossenkopf, J. Stutzki, and G. Winnewisser.
- Jones, A. P., Tielens, A. G. G. M., & Hollenbach, D. J. 1997, 'Grain Shattering in Shocks: The Interstellar Grain Size Distribution', *Astrophys. J.*, **469**, 740.
- Kaifu, N., Ohishi, M., Kawaguchi, K., Saito, S., Yamamoto, S., Miyaji, T., Miyazawa, K., Ishikawa, S.-I., Noumaru, C., Harasawa, S., Okuda, M., & Suzuki, H. 2004, 'A 8.8-50GHz Complete Spectral Line Survey toward TMC-1 I. Survey Data', *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **56**, 69.
- Karakawa, Y., Oka, K., Odashima, H., Takagi, K., & Tsunekawa, S. 2001, 'The Microwave Spectrum of Methyl Formate ( $\text{HCOOCH}_3$ ) in the Frequency Range from 7 to 200 GHz', *JMoSp*, **210**, 196.
- Kaufman, M. J., Hollenbach, D. J., & Tielens, A. G. G. M. 1998, 'High-Temperature Molecular Cores near Massive Stars and Application to the Orion Hot Core', *Astrophys. J.*, **497**, 276.
- Kaufman, M., Goldsmith, P. & Herschel HOP Team. 2011, 'The Production of  $\text{O}_2$  in Molecular Shocks: HOP Observations of Orion  $\text{H}_2$  Peak 1' IAU Symposium 280, Poster 49, Session 2. 280P, 215

- Kirchhoff, W. H. & Johnson, D. R. 1973, 'An investigation of centrifugal distortion in the microwave spectrum of formamide', *JMoSp*, **45**, 159.
- Kleinmann, D. E. & Low, F. J. 1967, 'Discovery of an Infrared Nebula in Orion', *Astrophys. J.Let.* **149**, L1.
- Klessen, R. S., Krumholz, M. R. & Heitsch, F. 2009, 'Numerical Star-Formation Studies – A Status Report', *ARXIV* **0906**, 4452.
- Knapp, G. R., Philips, T. G., Huiggins, P. J. & Redman, R. O. 1981, 'High-velocity gas in the Orion BN/KL region - Observations of the carbon monoxide /2-1/ and sulfur dioxide /13/1,13/-12/0,12/ lines', *Astrophys. J.*, **250**, 201.
- Knez, C., Boogert, A. C. A., Pontoppidan, K. M., Kessler-Silacci, J., van Dishoeck, E. F., Evans, N. J. II, Augereau, J.-C., Blake, G. A., & Lahuis, F. 2005, 'Spitzer Mid-Infrared Spectroscopy of Ices toward Extincted Background Stars', *Astrophys. J.*, **635L**, 145.
- Kroupa, P. 2001, 'On the variation of the initial mass function', *MNRAS*, **322**, 231.
- Krumholz, M. R. 2011, 'Star Formation in Molecular Clouds', *AIP Conference Proceedings*, **1386**, 9.
- Kryvda, A. V., Gerasimov, V. G., Dyubko, S. F., Alekseev, E. A., Motiyenko, R. A. 2009, 'New measurements of the microwave spectrum of formamide', *JMoSp*, **254**, 28.
- Kuiper, T. B. H., Zuckerman, B., Rodríguez-Kuiper, E. N. 1981, 'High velocity molecular emission in Orion - A case for stellar winds', *Astrophys. J.*, **251**, 88.
- Kurland, R. J. & Bright Wilson, E., Jr. 1957, 'Microwave Spectrum, Structure, Dipole Moment, and Quadrupole Coupling Constants of Formamide', *JChPh*, **27**, 585.
- Kutner, M. L., Tucker, K. D., Chin, G. & Thaddeus, P. 1977 'The molecular complexes in Orion' *Astrophys. J.*, **215**, 521.
- Kwan, J. & Scoville, N. Z. 1976, 'The nature of the broad molecular line emission at the Kleinmann-Low nebula', *Astrophys. J.Let.*, **210L**, 39.
- Lai, S.-P., Crutcher, R. M., Girart, J. M. & Rao, R. 2002, 'Interferometric Mapping of Magnetic Fields in Star-forming Regions. II. NGC 2024 FIR 5', *Astrophys. J.*, **566**, 925.
- Larson, R. B. 2005, 'Understanding the IMF', *Astrophysics and Space Science Library*, **327**, 329.
- Larson, R. B. 2007, 'KEY ISSUES REVIEW: Insights from simulations of star formation', *Reports on Progress in Physics*, **70**, 337.
- Laurie, V. W. 1959, 'Microwave Spectrum and Internal Rotation of Ethyl Cyanide', *JChPh*, **31**, 1500.
- Lee, C. W., Cho S. H. & Lee S. M. 2001 *Astrophys. J.*, 551, 333
- Lee, C. W. & Cho S. H. 2002 *Journal of The Korea Astronomical Society*, 35, 187
- Lefloch, B., Cernicharo, J., Pérez-Martínez, S. & Cesarsky, D. 1999, 'Massive star-formation in the Trifid nebula', *ESA SP*, **427**, 497.
- Lequeux, J. 2003, 'The Interstellar Medium', *Springer*, 2003.
- Lerate, M. R., Barlow, M. J., Swinyard, B. M., Goicoechea, J. R., Cernicharo, J., Grundy, T. W., Lim, T. L., Polehampton, E. T., Baluteau, J.-P., Viti, S., & Yates, J. 2006, 'A far-infrared molecular and atomic line survey of the Orion KL region', *MNRAS*, **370**, 597.
- Lerner, R. G. & Dailey, B. P. 1957, 'Microwave Spectrum and Structure of Propionitrile', *JChPh*, **26**, 678.
- Lique, F. & Spielfiedel, A. 2007 *A & A*, **462**, 1179
- Lin, C. C. & Shu, F. H. 1964, 'On the Spiral Structure of Disk Galaxies', *Astrophys. J.*, **140**, 646.

- Lis, D. C., Mehringer, D. M., Benford, D., Gardner, M., Phillips, T. G., Bockelée-Morvan, D., Biver, N., Colom, P., Crovisier, J., Despois, D. & Rauer, H. 1997, 'New Molecular Species in Comet C/1995 O1 (Hale-Bopp) Observed with the Caltech Submillimeter Observatory', *Earth, Moon, and Planets*, **78**, L13.
- Liu, S.-Y., Mehringer, D. M., & Snyder, L. E. 2001, 'Observations of Formic Acid in Hot Molecular Cores', *Astrophys. J.*, **552**, 654.
- Lizano, S. & Shu, F. H. 1989, 'Molecular cloud cores and bimodal star formation', *Astrophys. J.*, **342**, 834.
- Lizano, S. 2003, 'On the Formation of Low Mass Stars', *Galactic Star Formation Across the Stellar Mass Spectrum*, ASP Conference Series, Vol. **287**.
- Loenen, A. F. 2009, 'Star formation and the ISM : interactions in the Milky Way and other galaxies', Tesis doctoral.
- Lonsdale, C. J., Becklin, E. E., Lee, T. J., Stewart, J. M. 1982, 'New members of the infrared cluster in the Orion Molecular Cloud', *Astronomical Journal*, **87**, 1819.
- Lovas, F. J. 2004, 'NIST Recommended Rest Frequencies for Observed Interstellar Molecular Microwave Transitions-2002 Revision', *JPCRD*, **33**, 177.
- Lynds, B. T. 1962, 'Catalogue of Dark Nebulae', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **7**, 1.
- Maddalena, R. J., Morris, M., Moscowitz, J., Thaddeus, P. 1986, 'The large system of molecular clouds in Orion and Monoceros', *Astrophys. J.*, **303**, 375.
- Maeda, A., Medvedev, I. R., De Lucia, F. C., Herbst, E., & Groner, P. 2008, 'The Millimeter- and Submillimeter-Wave Spectrum of  $^{13}\text{C}_1$ -Methyl Formate ( $\text{H}^{13}\text{COOCH}_3$ ) in the Ground State', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **175**, 138.
- Mäder, H., Heise, H. M. & Dreizler, H. 1974, 'Microwave Spectrum of Ethyl Cyanide;  $r_0$ -Structure, Nitrogen Quadrupole Coupling Constants and Rotation-Torsion-Vibration Interaction', *Zs. Naturforschung*, **29**, 164.
- Marcelino, N., Cernicharo, J., Roueff, E., Gerin, M. & Mauersberger, R. 2005, 'Deuterated Thioformaldehyde in the Barnard 1 Cloud', *Astrophys. J.*, **620**, 308.
- Marcelino, N., Berné, O., & Cernicharo, J. 2011, 'Large Scale CO Emission in Orion A: Star Formation Feedback on the Molecular Gas', in "The Molecular Universe", Posters from the proceedings of the 280th Symposium of the "International Astronomical Union".
- Masson, C. R., Lo, K. Y., Philips, T. G., Srgent, A. I., Scoville, N. Z., Woody, D. P. 1987, 'CO maps of the OMC-1 outflow', *Astrophys. J.*, **319**, 446.
- McKee, C. F. & Ostriker, E. C. 1977, 'A theory of the interstellar medium - Three components regulated by supernova explosions in an inhomogeneous substrate', *Astrophys. J.*, **218**, 148.
- McKee, C. F. & Ostriker, E. C. 2007, 'Theory of Star Formation', *ARA&A*, **45**, 565.
- McNaughton, D., Evans, C. J., Lane, S. & Nielsen, C. J. 1999, 'The High-Resolution FTIR Far-Infrared Spectrum of Formamide', *JMoSp*, **193**, 104.
- Mehring, D. M., Pearson, J. C., Keene, J. & Phillips, T. G. 'Detection of Vibrationally Excited Ethyl Cyanide in the Interstellar Medium', *Astrophys. J.*, **608**, 306.
- Menten, K. M., Walmsley, C. M., Henkel, C., Wilson, T. L., Snyder, L. E., Hollis, J. M. & Lovas, F. J. 1986, 'Torsionally excited methanol in hot molecular cloud cores, A & A', **169**, 271.
- Menten, K. M. & Reid, M. J. 1995, 'What is powering the Orion Kleinmann-low infrared nebula', *Astrophys. J.*, **445**, 157.
- Menten, K. M., Reid, M. J., Forbrich, J. & Brunthaler, A. 2007, 'The distance to the Orion Nebula', *A & A*, **474**, 515.

- Miao, Y. Mehringer, D. M., Kuan, Y.-J., & Snyder, L. E. 1995, 'Complex molecules in Sagittarius B2(N): The importance of grain chemistry', *Astrophys. J.*, **445**, L59.
- Miao, Y. & Snyder, L. E. 1997, 'Full Synthesis Observations of  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$  in Sagittarius B2: Further Evidence for Grain Chemistry', *Astrophys. J.*, **480**, L67.
- Micelotta, E. R., Jones, A. P., & Tielens, A. G. G. M. 2010, 'Polycyclic aromatic hydrocarbon processing in interstellar shocks', *Astronomy & Astrophysics*, **510**, 36.
- Micelotta, E. R., Jones, A. P., & Tielens, A. G. G. M. 2010, 'Polycyclic aromatic hydrocarbon processing in a hot gas', *Astronomy & Astrophysics*, **510**, 37.
- Micelotta, E. R., Jones, A. P., & Tielens, A. G. G. M. 2011, 'Polycyclic aromatic hydrocarbon processing by cosmic rays', *Astronomy & Astrophysics*, **526**, 52.
- Mookerjee, B., Casper, E., Mundy, L. G. & Looney, L. W. 2007, 'Kinematics and Chemistry of the Hot Molecular Core in G34.26+0.15 at High Resolution', *Astrophys. J.*, **659**, 447.
- Morris, M., Palmer, P. & Zuckerman, B. 1980, *Astrophys. J.*, **237**, 1.
- Moskienko, E. M. & Dyubko, S. F. 1991, 'Submillimeter rotational spectrum of formamide in the ground vibrational state', *Radiophysics and Quantum Electronic*, **34**, 181.
- Nakano, T. 1979, 'Quasistatic Contraction of Magnetic Protostars due to Magnetic Flux Leakage - Part One - Formulation and an Example', *ASTRON. SOC. OF JAPAN. PUBLICATIONS, PASJ*, **31**, 697.
- Nakano, T. 1982, 'Quasistatic Contraction of Magnetic Clouds due to Plasma Drift - Part Two the Effect of Grain Friction', *ASTRON. SOC. OF JAPAN. PUBLICATIONS, PASJ*, **34**, 337.
- Nakano, T. 1998, 'Star Formation in Magnetic Clouds', *Astrophys. J.*, **494**, 587.
- Neill, J. L., Steber, A. L., Muckle, M. T., Zaleski, D. P., Lattanzi, V., Spezzano, S., McCarthy, M. C., Remijan, A. J., Friedel, D. N., Wicicus Weaver, S. L., & Pate, B. H. 2011, 'Spatial Distributions and Interstellar Reaction Processes', *The Journal of Physical Chemistry A*, **115**, 6472.
- Nissen, H. D., Gustafsson, M., Lemaire, J. L., Clénet, Y., Rouan, D., & Field, D. 2007, 'Observations of spatial and velocity structure in the Orion molecular cloud', *A & A*, **466**, 949.
- Norman, C. A. & Ferrara, A. 1996, 'The Turbulent Interstellar Medium: Generalizing to a Scale-dependent Phase Continuum', *Astrophys. J.*, **467**, 280.
- Oesterling, L. C., Albert, S., De Lucia, F. C., Sastry, K. V. L. N., & Herbst, E. 1999, 'The Millimeter- and Submillimeter-wave Spectrum of Methyl Formate ( $\text{HCOOCH}_3$ )', *Astrophys. J.*, **521**, 255.
- Ogata, K., Odashima, H., Takagi, K., & Tsunekawa, S. 2004, 'Global fit of rotational transitions of methyl formate ( $\text{HCOOCH}_3$ ) in the ground and first excited torsional states', *JMoSp*, **225**, 14.
- Okumura, S.-I., Yamashita, T., Sako, S., Miyata, T., Honda, M., Kataza, H., & Okamoto, Y. K. 2011, 'Physical Relation of Source I to IRc2 in the Orion KL Region', *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **63**, 823.
- Olberg, M. 2010, 'Beam observations towards Mars', *HIFI ICC SRON*, 1.1.
- Olofsson, H., Elldér, J., Hjalmarson, A., Rybeck, G. 1982, 'Extended and anisotropic high-velocity gas flows in the Orion-KL region', *A & A*, **113L**, 18.
- Olofsson, A. O. H., Persson, C. M., Koning, N., Bergman, P., Bernath, P. F., Black, J. H., Frisk, U., Geppert, W., Hasegawa, T. I., Hjalmarson, Å., Kwok, S., Larsson, B., Lecacheux, A., Nummelin, A., Olberg, M., Sandqvist, A., & Wiström, E. S. 2007, 'A spectral line survey of Orion KL in the bands 486-492 and 541-577 GHz with the Odin satellite. I. The observational data', *A & A*, **476**, 791.
- O'Neill, P. T., Viti, S., & Williams, D. A. 2002, 'Surface hydrogenation in diffuse and translucent interstellar clouds', *A & A*, **388**, 346.

- Ostriker, E. C., Stone, J. M. & Gammie, C. F. 2001, '*Density, Velocity, and Magnetic Field Structure in Turbulent Molecular Cloud Models*', *Astrophys. J.*, **546**, 980.
- Ott, S. 2010, in '*Astronomical Data Analysis Software and Systems XIX*', ed. Y. Mizumoto, K. I. Morita, & M. Ohishi, ASP Conf. Ser., in press.
- Padman, R., Scott, P. F., Vizard, D. R. & Webster, A. S. 1985, '*CS 5-4 observations of OMC1 - Evidence for external heating of the quiescent gas*', *MNRAS*, **214**, 251.
- Pardo, J. R., Cernicharo, J., & Serabyn, E. 2001, '*Atmospheric transmission at microwaves (ATM): an improved model for millimeter/submillimeter applications*', *IEEE Trans. Antennas Propagation*, **49**, 1683.
- Pardo, J. R., Cernicharo, J., Herpin, F., Kawamura, J., Kooi, J., Philips, T. G. 2001 *Astrophys. J.*, **562**, 799.
- Pauls, T. A., Wilson, T. L., Bieging, J. H. & Martin, R. N. 1983, '*Clumping in Orion KL - 2-arcsecond maps of ammonia*', *A & A*, **124**, 23.
- Pearson, J. C., Sastry, K. V. L. N., Herbst, E. & De Lucia, F. C. 1994, '*The submillimeter-wave spectrum of propionitrile (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>CN)*', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **93**, 589.
- Persson, C. M., Olofsson, A. O. H., Koning, N., Bergman, P., Bernath, P., Black, J. H., Frisk, U., Geppert, W., Hasegawa, T. I., Hjalmarson, Å., Kwok, S., Larsson, B., Lecacheux, A., Nummelin, A., Olberg, M., Sandqvist, Aa. & Wiström, E. S. 2007, '*A spectral line survey of Orion KL in the bands 486-492 and 541-577 GHz with the Odin satellite. II. Data analysis*', *A & A*, **476**, 807.
- Pilbratt, G. L., Riedinger, J. R., Passvogel, T., Crone, G., Doyle, D., Gageur, U., Heras, A. M., Jewell, C., Metcalfe, L., Ott, S. & Schmidt, M. 2010, '*Herschel Space Observatory. An ESA facility for far-infrared and submillimetre astronomy*', *A & A*, **518**, L1.
- Plambeck, R. L. & Wright, M. C. H. 1987, '*Aperture synthesis maps of HDO emission in Orion-KL*', *Astrophys. J. Lett.*, **317**, L101.
- Plambeck, R. L., Wright, M. C. H., Friedel, D. N., Widicus Weaver, S. L., Bolatto, A. D., Pound, M. W., Woody, D. P., Lamb, J. W. & Scott, S. L. 2009, '*Tracing the Bipolar Outflow from Orion Source I*', *Astrophys. J.*, **704L**, 25.
- Plummer, G. M., Herbst, E., De Lucia, F., & Blake, G. A. 1984, '*The millimeter and submillimeter laboratory spectrum of methyl formate in its ground symmetric torsional state*', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **55**, 633.
- Plummer, G. M., Herbst, E., De Lucia, F., & Blake, G. A. 1986, '*The laboratory millimeter-wave spectrum of methyl formate in its ground torsional E state*', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **60**, 949.
- Preibisch, T. & Zinnecker, H. 2007, '*Sequentially triggered star formation in OB associations*', *Proceedings of the International Astronomical Union 2*, **237**, 270.
- Qin, S.-L., Wu, Y., Huang, M., Zhao, G., Li, D., Wang, J.-J., Chen, S. 2011, '*High-Resolution Submillimeter Multiline Observations of G19.61 - 0.23: Small-Scale Chemistry*', *Astrophys. J.*, **711**, 399.
- Rathborne, J. M., Lada, C. J., Muench, A. A., Alves, J. F., Kainulainen, J. & Lombardi, M. 2009, '*Dense Cores in The Pipe Nebula: An Improved Core Mass Function*', *Astrophys. J.*, **699**, 742.
- Reid, M. J., Menten, K. M., Greenhill, L. J. & Chandler, C. J. 2007, '*Imaging the Ionized Disk of the High-Mass Protostar Orion I*', *Astrophys. J.*, **664**, 950.
- Roberts, W. W. 1969, '*Large-Scale Shock Formation in Spiral Galaxies and its Implications on Star Formation*', *Astrophys. J.*, **158**, 123.
- Rodríguez, L. F., Poveda, A., Lizano, S., & Allen, C. 2005, '*Proper Motions of the BN Object and the Radio Source I in Orion: Where and When Did the BN Object Become a Runaway Star?*', *Astrophys. J.*, **627L**, 65.
- Rodríguez-Franco, A., "*Condiciones física y químicas en la nube molecular Orión A*" Tesis Doctoral.
- Rubin, R. H., Swenson, G. W., Jr., Benson, R. C., Tigelaar, H. L., & Flygare, W. H. 1971, '*Microwave Detection of Interstellar Formamide*', *Astrophys. J.*, **169**, L39.

- Rydbeck, O. E. H., Hjalmarson, Å., Rydbeck, G., Elldér, J., Olofsson, H., Sume, A. 1981, *Astrophys. J.*, **264**, 161.
- Salpeter, E. E. 1955, '*The Luminosity Function and Stellar Evolution*', *Astrophys. J.*, **121**, 161.
- Sandstrom, K. M., Peek, J. E. G., Bower, G. C., Bolatto, A. D. & Plambeck, R. L. 2007, '*A Parallax Distance of  $389^{+24}_{-21}$  Parsecs to the Orion Nebula Cluster from Very Long Baseline Array Observations*', *Astrophys. J.*, **667**, 1161.
- Schilke, P., Groesbeck, T. D., Blake, G. A., & Philips, T. G. 1997, '*A Line Survey of Orion KL from 325 to 360 GHz*', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **108**, 301.
- Schilke, P., Benford, C. J., Hunter, T. R., Lis, D. C. & Philips, T. G. 2001 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **132**, 281
- Schulz, N. S., '*From Dust to Stars. Studies of the Formation and Early Evolution of the Stars*', **Springer** 2005.
- Scoville, N. Z. & Solomon, P. M. 1973, '*Molecular Clouds in W49 and W51*', *Astrophys. J.*, **180**, 31.
- Seiden, P. E. & Gerola, H. 1979, '*Properties of spiral galaxies from a stochastic star formation model*', *Astrophys. J.*, **233**, 56.
- Serabyn, E. & Weisstein, E. W. 1995 *Astrophys. J.*, 451, 238
- Shalabiea, O. M. & Greenberg, J. M. 1994, '*Two key processes in dust/gas chemical modelling: photoprocessing of grain mantles and explosive desorption*', *A & A*, **290**, 266.
- Shu, F. H., Allen, A., Shang, H., Ostriker, E. C. & Li, Z.-Y. 1999, '*Low-Mass Star Formation: Theory*', in *The Origin of Stars and Planetary Systems*, Ed. C. J. Lada & N. D. Kylafis. Kluwer Academic Publishers, 193.
- Shuping, R. Y., Morris, M., Bally, J. 2004, '*A New Mid-Infrared Map of the BN/KL Region Using the Keck Telescope*', *The Astronomical Journal*, **128**, 363.
- Shulz, N. S. 2005, '*From Dust to Stars: Studies of the Formation and Early Evolution of Stars*' Springer and Praxis Publishing.
- Snell, R. L., Scoville, N. Z., Sanders, D. B. & Erickson, N. R. 1984, '*High-velocity molecular jets*', *Astrophys. J.*, **284**, 176.
- Snyder, L. E. & Buhl, D. 1971, '*Observations of Radio Emission from Interstellar Hydrogen Cyanide*', *Astrophys. J.*, **163**, L47.
- Sobolev, V. V. 1958, en '*Theoretical Astrophysics*'. ed. Ambartsumyan, Pergamon Press Ltd. London Cap. 29.
- Sobolev, V. V. 1960, en '*Moving Envelopes of Stars*'. Harvard University Press.
- Solomon, P. M., Jefferts, K. B., Penzias, A. A., & Wilson, R. W. 1971, '*Detection of Millimeter Emission Lines from Interstellar Methyl Cyanide*', *Astrophys. J.*, **168**, L107.
- Stone, J. M., Ostriker, E. C. & Gammie, C. F. 1998, '*Dissipation in Compressible Magnetohydrodynamic Turbulence*', *Astrophys. J.*, **508**, L99.
- Stutzi, J., Genzel, R., Harris, A. I., Herman, J., Jaffe, D. T. 1988, '*First detection of HCN  $J = 9-8$  (797 GHz) line emission - Very high densities in the Orion core*', *Astrophys. J., Let.*, **330L**, 125.
- Stutzki, J. & Guesten, R. 1990, '*High spatial resolution isotopic CO and CS observations of M17 SW - The clumpy structure of the molecular cloud core*', *Astrophys. J.*, **356**, 513.
- Surdej, J. 1977, '*Contribution to spectral line formation in moving stellar envelopes - Radiation field and statistical equilibrium equations*', *A & A*, **60**, 303.
- Sutton, E.C., Blake, G. A., Masson, C. R. & Philips, T. G. 1985 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 58, 341
- Sutton, E. C., Peng, R., Danchi, W. C., Jaminet, P. A., Sandell, G. & Russell, P. G. 1995 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 97, 455



- Sweitzer, J. S. 1978, 'On the excitation of interstellar ammonia in the Kleinmann-Low nebula', *Astrophys. J.*, **225**, 116.
- Tan, J. C. 2003, 'Theories of Massive Star Formation: Collisions, Accretion and the View from the "I" of Orion', in *Galactic Star Formation Across the Stellar Mass Spectrum*, *ASP Conference Series*, **287**, 207.
- Tan, J. C. 2005, 'The Birth of Massive Stars and Star Clusters', in *Cores to Clusters: Star Formation with Next Generation Telescopes* Published by Springer, New York, NY USA, 2005.
- Tercero, B., Cernicharo, J., Pardo, J. R., and Goicoechea, J. R. 2010, 'A line confusion limited millimeter survey of Orion KL (I): sulfur carbon chains', *A & A*, **517**, 96.
- Tielens, A. G. G. M. & Hollenbach, D. 1985, 'Photodissociation regions. I - Basic model. II - A model for the Orion photodissociation region', *Astrophys. J.*, **291**, 722.
- Tielens, A. G. G. M. 2011, 'The Molecular Universe', *Proceedings of the International Astronomical Union*, IAU Symposium, **280**, 3.
- Tomisaka, K., Ikeuchi, S., & Nakamura, T. 1990, 'The equilibria and evolutions of magnetized, rotating, isothermal clouds. IV - Quasi-static evolution' *Astrophys. J.*, **362**, 202.
- Turner, B. E. 1971, 'Detection of Interstellar Cyanoacetylene' *Astrophys. J.*, **163**, L35.
- Turner, B. E. 1991, 'A molecular line survey of Sagittarius B2 and Orion-KL from 70 to 115 GHz. II. Analysis of the data' *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **76**, 617.
- Ungerechts, H., Bergin, E. A., Goldsmith, P. F., Irvine, W. M., Schloerb, F. P. & Snell, Ron L. 1997, 'Chemical and Physical Gradients along the OMC-1 Ridge', 1997, *Astrophys. J.*, **482**, 245.
- van Dishoeck, E. F. 2004, 'ISO Spectroscopy of Gas and Dust: From Molecular Clouds to Protoplanetary Disks', *ARA&A* **42**, 119.
- Vogel, S. N., Bieging, J. H., Plambeck, R. L., Welch, W. J. & Wright, M. C. H. 1985, 'Differential rotation near the Orion-Kleinmann-Low region Aperture synthesis observations of HCN emission', *Astrophys. J.*, **296**, 600.
- Vorob'eva, E. M. & Dyubko, S. F. 1994, 'Submillimeter rotational spectrum of the formamide molecule: Ground and first excited vibrational states', *Radiophysics and Quantum Electronics* **37**, 155.
- Wamsley, C. M., Hermsen, W., Henkel, C., Mauersberger, R. & Wilson, T. L. 1987, 'Deuterated ammonia in the Orion hot core', *A & A*, **172**, 311.
- Wang, S., Bergin, E. A., Crockett, N. R., et al. 2011 'Herschel observations of EXtra-Ordinary Sources (HEXOS): Methanol as a probe of physical conditions in Orion KL', 2011, *A & A*, **527**, 95.
- Warren, W. H. Jr. & Hesser, J. E. 1977, 'A photometric study of the Orion OB 1 association. I - Observational data', *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **34**, 115.
- White, G. J., Monteiro, T. S., Richardson, K. J., Griffin, M. J. & Rainey, R. 1986 *A & A*, 162, 253
- White, G. J., Araki, M., Greaves, J. S., Ohishi, M. & Higginbottom, N. S. 2003, *A & A*, **407**, 598.
- Whittet, D. C. B., Shenoy, S. S., Bergin, E. A., Chiar, J. E., Gerakines, P. A., Gibb, E. L., Melnick, G. J., & Neufeld, D. A. 2007, 'The Abundance of Carbon Dioxide Ice in the Quiescent Intracloud Medium', *Astrophys. J.*, **655**, 332.
- Widicus Weaver, S. L. 2005 'Rotational spectroscopy and observational astronomy of prebiotic molecules', Tesis.
- Wilson, T. L., Serabyn, E. & Henkel, C. 1986, 'The high velocity CO outflow in Orion', *A & A*, **167L**, 17.
- Winnewisser, G. & Cook, R. L. 1968, 'The dipole moment of carbon monosulfide', *JMoSp* **28**, 266.
- Womack, M., Ziurys, L. M., & Sage, L. J. 1993, 'N<sub>2</sub>H(+) in the Orion ambient ridge - Cloud clumping versus rotation', *Astrophys. J.*, **406L**, 29.

- Wright, M. C. H., Plambeck, R. L., Vogel, S. N., Ho, P. T. P. & Welch, W. J. 1983, '*Positions of the SiO masers in Orion-KL - Anisotropy on a scale of 70 AU*', *Astrophys. J.Let.*, **267L**, 41.
- Wright, M. C. H., Plambeck, R. L. & Wilner, D. J. 1996 *Astrophys. J.Let.* 469, 216
- Wynn-Williams, C. G. 1982, '*The search for infrared protostars*', *ARA & A*, **20**, 587.
- 'Wynn-Williams, C. G., Genzel, R., Becklin, E. E. & Downes, D. 1984, *The Kleinmann-Low nebula - an infrared cavity*', *Astrophys. J.*, **281**, 172.
- Zapata, L. A., Schmid-Burgk, J., Ho, P. T. P., Rodríguez, L. F., & Menten, K. M. 2009, '*Explosive Disintegration of a Massive Young Stellar System in Orion*', *Astrophys. J.*, **704L**, 45.
- Zapata, L. A., Schmid-Burgk, J. & Menten, K. M. 2011, '*Orion KL: the hot core that is not a "hot core"*', *A & A* **529**, 24.
- Zinnecker, H. & Yorke, H. W. 2007, '*Toward Understanding Massive Star Formation*', *ARA & A* **45**, 481.
- Ziurys, L. M. & McGonagle D. 1993 *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 89, 155
- Zuckerman, B. & Palmer, P. 1975, '*On the Orion infrared nebula/molecular cloud*', *Astrophys. J.Let.*, **199**, L35.
- Zuckerman, B., Kuiper, T. B. H., & Rodríguez Kuiper, E. N. 1975, '*High-velocity gas in the Orion infrared nebula*', *Astrophys. J.Let.*, **209L**, 137.



# Lista de Figuras

1.1	Formación estrella poco masiva . . . . .	14
1.2	Estrella supermasiva: Eta Carinae . . . . .	18
2.1	Esquema de reacciones químicas en la superficie de los granos . . . . .	27
4.1	La región de Orión . . . . .	42
4.2	Asociaciones de estrellas OB en Orión . . . . .	45
4.3	Distribución a gran escala de Orión . . . . .	47
4.4	La región de Orión KL . . . . .	49
4.5	Componente del “ridge” compacto . . . . .	51
4.6	Flujos de Orión KL . . . . .	53
5.1	Imagen de la emisión de polvo a 3 mm de Orión KL. . . . .	57
5.2	Análisis gaussiano de la línea $J = 24-23$ de $\text{HC}_3\text{N}$ . . . . .	58
5.3	Comparación de las abundancias entre el “plateau” y el “ridge” extenso en Orión KL . . . . .	59
5.4	Comparación de las abundancias entre el núcleo caliente y el “ridge” extenso en Orión KL . . . . .	59
5.5	Espectros de Orión KL en distintas posiciones . . . . .	63
5.6	Espectro de Orión KL entre 600 y 725 GHz . . . . .	64
7.1	Barrido espectral sobre Orión KL con HIFI . . . . .	85
7.2	Líneas de CS . . . . .	91
7.3	Líneas de $\text{C}^{34}\text{S}$ . . . . .	92
7.4	Líneas de $^{13}\text{CS}$ . . . . .	93
7.5	Líneas de $\text{C}^{33}\text{S}$ . . . . .	94
7.6	Líneas de $^{13}\text{C}^{34}\text{S}$ . . . . .	95
8.1	Molécula de cianuro de etilo . . . . .	101
8.2	Espectro de la molécula de cianuro de etilo superpuesto al barrido espectral de Orión KL . . . . .	104
8.3	Selección de líneas de emisión de $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CN}$ presentes en 3 mm . . . . .	111
9.1	Molécula de formiato de metilo . . . . .	119
9.2	Espectro sintético de la molécula de formiato de metilo superpuesto al barrido espectral de Orión KL . . . . .	129
9.3	Selección de líneas de emisión de $\text{HCOOCH}_3$ presentes en 3 mm . . . . .	131
10.1	Molécula de formamida . . . . .	160
10.2	Líneas de emisión de $\text{NH}_2\text{CHO}$ $\nu_{12} = 1$ . . . . .	165
A.1	Diagrama H-R . . . . .	225
A.2	Evolución de protoestrellas hacia la secuencia principal . . . . .	226

# Lista de Tablas

5.1	Componentes de Orión KL . . . . .	58
7.1	Líneas de CS y sus isotopólogos . . . . .	86
7.1	Líneas de CS y sus isotopólogos . . . . .	87
7.1	Líneas de CS y sus isotopólogos . . . . .	88
7.1	Líneas de CS y sus isotopólogos . . . . .	89
7.1	Líneas de CS y sus isotopólogos . . . . .	90
7.2	Parámetros físicos obtenidos para Orión KL . . . . .	96
7.3	Densidades de columna de CS . . . . .	98
8.1	Líneas de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN presentes en 3 mm . . . . .	105
8.1	Líneas de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN presentes en 3 mm . . . . .	106
8.1	Líneas de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN presentes en 3 mm . . . . .	107
8.1	Líneas de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN presentes en 3 mm . . . . .	108
8.1	Líneas de CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN presentes en 3 mm . . . . .	109
8.2	Parámetros físicos – CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CN . . . . .	110
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	121
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	122
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	123
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	124
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	125
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	126
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	127
9.1	Líneas de HCOOCH <sub>3</sub> presentes en 3 mm . . . . .	128
9.2	Parámetros físicos – HCOOCH <sub>3</sub> . . . . .	130
10.1	Líneas de NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$ . . . . .	161
10.1	Líneas de NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$ . . . . .	162
10.1	Líneas de NH <sub>2</sub> CHO $\nu_{12} = 1$ . . . . .	163
11.1	Barrido espectral de Orión KL: 3 mm . . . . .	171
11.2	Barrido espectral de Orión KL: 2 mm . . . . .	178
11.3	Barrido espectral de Orión KL: 1.3 mm . . . . .	191
11.4	Especies detectadas . . . . .	217